



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
INGENIERÍA QUÍMICA

**“REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL TEIMSA UBICADA EN
LA PARROQUIA SANTA ROSA DE LA CIUDAD DE AMBATO”.**

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: DIANA PAULINA VELOZ ROMERO
DIRECTOR: DR. CELSO RECALDE

Riobamba-Ecuador
2018

©2018, Diana Paulina Veloz Romero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “**REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA EMPRESA TEXTIL TEIMSA UBICADA EN LA PARROQUIA SANTA ROSA DE LA CIUDAD DE AMBATO**”, de responsabilidad de la Señorita Diana Paulina Veloz Romero, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Dr. Celso Recalde

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Camilo Haro

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Diana Paulina Veloz Romero, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 17 de marzo del 2018

Diana Paulina Veloz Romero
1804654786

Yo, Diana Paulina Veloz Romero soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Diana Paulina Veloz Romero

DEDICATORIA

Con amor y cariño quiero dedicar este trabajo, en primer lugar, a Dios, por sus innumerables bendiciones, a mi madre, por los buenos principios que con su ejemplo ha inculcado en mí, gracias por demostrarme que el amor de una madre es puro e infinito, a mis abuelitos, mis tíos y primos, son lo más hermoso que tengo en la vida, los amo con todo mi corazón.

Diana

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios, por darme la vida, salud, sabiduría y fuerza para lograr cada una de mis metas, creo firmemente en su existencia y bondad. A mi madre Gladys Romero, mi guerrera; por su apoyo, amor, ejemplo y coraje, si a una persona admiro y amo en este mundo es a ti. A mi tía Margoth, mi otra madre, por siempre permitirme contar con ella, gracias por todo. A mi tutor el Dr. Celso Recalde, por compartir su experiencia y conocimientos conmigo; al Ing. Camilo Haro asesor de tesis, por tan acertados consejos, a la Ing. Mónica Andrade, a usted mi admiración y respeto. A la empresa TEIMSA, por brindarme el apoyo y recursos necesarios para implementar este proyecto y a todo el personal que colaboró conmigo, en especial a Antonio Perez, por la paciencia y confianza depositada en mí.

Gracias infinitas.

Diana

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XV	
SUMMARY	XVI	
CAPÍTULO I		
1. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	1	
1.1. Identificación del problema.....	1	
1.2. Justificación del proyecto	1	
1.3. Línea base del proyecto	2	
1.3.1. Reconocimiento del lugar de realización del proyecto.	2	
1.3.2. Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual de TEIMSA.....	4	
1.3.3. Caracterización de aguas residuales realizado por TEIMSA.	8	
1.4. Beneficiarios	9	
1.4.1. Directos	9	
1.4.2. Indirectos.....	9	
CAPITULO II		
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	10	
2.1. Objetivo General	10	
2.2. Objetivos Específicos	10	
CAPITULO III.....		11
3. ESTUDIO TÉCNICO	11	
3.1. Localización del proyecto	11	
3.1.1. Localización geográfica.....	11	
3.2. Ingeniería del proyecto	14	
3.2.1. Tipo de Estudio	14	
3.2.2. Métodos y técnicas	14	
3.2.2.1. Métodos	14	
3.2.2.2. Técnicas.....	15	
3.2.3. Determinación de variables para el redimensionamiento.....	22	

3.2.3.1.	<i>Índice de Biodegradabilidad</i>	22
3.2.4.	<i>Propuesta de rediseño de la PTAR de TEIMSA</i>	24
3.2.4.1.	<i>Tratamiento biológico</i>	24
3.2.4.2.	<i>Tratamiento Químico</i>	30
3.2.5.	<i>Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA</i>	34
3.2.5.1.	<i>Caudal de diseño</i>	34
3.2.6.	<i>Cálculo de las operaciones a implementarse.</i>	34
3.2.6.1.	<i>Rejillas</i>	34
3.2.6.2.	<i>Proceso biológico</i>	40
3.2.6.3.	<i>Proceso Químico.</i>	43
3.2.6.4.	<i>Resultados</i>	47
3.3.	<i>Proceso de producción</i>	49
3.4.	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.</i>	50
3.4.1.	<i>Equipos y métodos para muestreo y determinación del caudal</i>	50
3.4.2.	<i>Requerimiento de equipos y métodos para la tratabilidad de las aguas residuales</i> ...50	
3.4.3.	<i>Requerimientos de materiales e instrumentos para control de proceso biológico.</i> ...51	
3.5.	<i>Análisis de costo/beneficio del proyecto</i>	51
3.5.1.	<i>Costo de implementación de nuevos procesos</i>	51
3.5.2.	<i>Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales.</i>	53
3.6.	<i>Cronograma de ejecución del proyecto</i>	54
3.7.	<i>Conclusiones</i>	55
3.8.	<i>Recomendaciones</i>	57

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Resultados de análisis proporcionados por TEIMSA, enero 2016.	8
Tabla 1-3	Características Geográficas de la Parroquia Santa Rosa.....	11
Tabla 2-3	Acequias de la Parroquia Santa Rosa.....	14
Tabla 3-3	Numero de muestras por mes.....	16
Tabla 4-3	Aforo de caudal de agua residual TEIMSA.....	17
Tabla 5-3	Parámetro, Unidad y Método/Norma para Caracterización Física del agua.....	18
Tabla 6-3	Parámetro, Unidad y Método/Norma para Caracterización Química del agua.....	19
Tabla 7-3	Caracterización agua residual entrada, meses abril y junio del 2016.	20
Tabla 8-3	Caracterización agua residual salida, meses abril y junio del 2016.....	21
Tabla 9-3	Tipo de tratamiento del agua residual según el índice de biodegradabilidad.	23
Tabla 10-3	Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad.....	23
Tabla 11-3	Resultados de análisis de fosforo y nitrógeno.....	25
Tabla 12-3	Dosis de microorganismos ISA ECOENZIM-IN	26
Tabla 13-3	Análisis agua residual, sistema biológico, electrocoagulación y filtración.	30
Tabla 14-3	Tratabilidad con prueba de Jarras.	31
Tabla 15-3	Resultados de análisis de tensoactivos.....	32
Tabla 16-3	Caracterización del agua residual, sistema biológico, químico y de filtración.	33
Tabla 17-3	Periodos de vida útil para instalaciones de tratamiento de agua.....	34
Tabla 18-3	Tiempo en el que recorre el agua por el canal.	35
Tabla 19-3	Parámetros utilizados en el diseño de rejillas.	37
Tabla 20-3	Coefficiente de pérdida para rejillas.....	39
Tabla 21-3	Dosificación óptima de PAC al 4% y auxiliar de coagulación al 0,1 % (P/V).	44
Tabla 22-3	Determinación del caudal de diseño	47
Tabla 23-3	Dimensionamiento del Sistema de rejillas	47
Tabla 24-3	Volumen del tanque biológico y dosificación de nutrientes.....	48
Tabla 25-3	Volumen del tanque de floculación y dosificación de coagulante-floculante.....	48
Tabla 26-3	Materiales de muestreo y recolección de información.....	50
Tabla 27-3	Materiales y equipos para medición de caudal.	50
Tabla 28-3	Materiales, Equipos y Reactivos para pruebas en laboratorio	50
Tabla 29-3	Materiales y equipos para control de proceso.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1	Mapa de procesos de TEIMSA	3
Ilustración 2-1	Procesos productivos de TEIMSA y los contaminantes generados.	4
Ilustración 3-1	Diagrama actual de la Planta de tratamiento de aguas residuales TEIMSA...7	
Ilustración 1-3	Ubicación geográfica de la Parroquia Santa Rosa.....	11
Ilustración 2-3	Carta topográfica ciudad Ambato-Cantón Santa Rosa.....	13
Ilustración 3-3	Subcuenca del río Ambato, ubicación hidrográfica.	13
Ilustración 4-3	Esquema del proceso de lodos activados.	24
Ilustración 5-3	Diferentes formas de rejillas.	39

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1-3	Monitoreo crecimiento de lodos tanque biológico, etapa de arranque.	27
Gráfico 2-3	Monitoreo crecimiento de lodos tanque biológico, etapa de mantenimiento.	28
Gráfico 3-3	Monitoreo semanal de oxígeno vs volumen de lodo en el tanque biológico.	29

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-1	Rejillas manuales y automáticas	4
Fotografía 2-1	Tubería que conecta el tanque de homogenización y el tanque biológico	5
Fotografía 3-1	Bombas dosificadoras en mal estado.	5
Fotografía 4-1	Membranas y tubería de aireación en mal estado.	6
Fotografía 5-1	Sistema de aireación en perfectas condiciones.	6
Fotografía 1-3	Conexión de la tubería de agua lluvia a la matriz de agua lluvia.....	15
Fotografía 2-3	Medición de caudal.	16
Fotografía 3-3	Sedimentación de lodos en cono Imhoff.....	27

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo A:** Caracterización del agua residual de entrada abril y junio del 2016.
- Anexo B:** Caracterización del agua residual de salida, tratamiento biológico repotenciado.
- Anexo C:** Caracterización del agua residual de salida, rediseño implementado.
- Anexo D:** Plan maestro de mantenimiento de la PTAR de TEIMSA.
- Anexo E:** Ficha técnica de microorganismos ISA - ECOENZYM-IN.
- Anexo F:** Ficha técnica del policloruro de aluminio
- Anexo G:** Ficha técnica del polímero
- Anexo H:** Plano de la PTAR proporcionado por TEIMSA
- Anexo I:** Siembra microorganismos para tratamiento de aguas residuales
- Anexo J:** Limpieza PTAR TEIMSA
- Anexo K:** Planos del sistema implementado en la PTAR de TEIMSA

RESUMEN

El presente estudio consistió en realizar el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa textil TEIMSA ubicada en la parroquia Santa Rosa de la ciudad de Ambato, donde las aguas provenientes de los diferentes procesos de la empresa son tratadas previo a su descarga en el sistema de alcantarillado público, sin que exista el total cumplimiento de los límites máximos permisibles, por lo que, se procedió a realizar el reconocimiento del sistema de tratamiento de la empresa y posterior establecimiento de las variables de operación. Calculándose el caudal durante 6 meses, mediante el método volumétrico y realizándose el muestreo del agua residual, con la finalidad de identificar los parámetros que se encontraban fuera de la normativa. Frente a esto se determinó que el caudal de ingreso a la planta es de 80.39 m³/día y que los parámetros que incumplen los límites máximos permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 097-A, sustitutivo del Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 8 sobre el límite de descarga hacia el sistema de alcantarillado público, son: Sólidos Suspendidos, DQO, DBO₅, Tensoactivos y Sulfuros. Posterior a pruebas de tratabilidad se definió que el proceso conste de: un sistema de rejillas, tratamiento biológico con lodos activados, clarificador uno, coagulación – floculación, clarificador dos y filtración con zeolita. El trabajo se validó realizándose una nueva caracterización, posterior al rediseño de la planta, obteniéndose un porcentaje de remoción de 74,11% Sólidos Suspendidos, 83,79% DQO, 90,45% DBO₅, 98,87% Tensoactivos y 99,70% Sulfuros, se concluye que el estudio es eficaz, por tanto, la empresa cumple con la normativa ambiental vigente, teniendo como recomendación realizar un monitoreo continuo de la planta de tratamiento a fin de garantizar que se mantenga su eficiencia.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO AMBIENTE (TULSMA)>, <AGUA RESIDUAL>, <METODO TEST DE JARRAS>, <COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN>, <TRATAMIENTO BIOLÓGICO>, <SISTEMA DE LODOS ACTIVADOS>, <SANTA ROSA (PARROQUIA)>.

ABSTRACT

The current study consisted of conducting the redesign of the wastewater treatment plant of the textile company TEIMSA located in the Santa Rosa parish of the Ambato city. In here, the waters coming from the different processes of the company are treated before their discharge into the public sewer system, without the total fulfillment of the maximum permissible limits; consequently, the treatment system of the company was recognized, and subsequently, the operation variables were established. Being calculated the caudal during six months, through the volumetric method and wastewater sampling, to identify the parameters that were outside the normative. In face of this, it was determined that the income caudal to the plants 80.39 m³/day and that the settings that violate the maximum permissible limits established in the ministerial agreement 097-A, substitute for the Unified Text of the secondary legislation of the Ministry of Environment TULSMA, BOOK VI, ANNEX I, TABLE 8 about the discharge limit towards the public sewer system are: Suspended Solids, COD, BOD₅, Surfactants, and Sulphides. After treatability tests, the process was defined as follows: a grillage system, biological treatment with activated sludge, clarifier one, coagulation-flocculation, clarifier two and filtration with zeolite. The work was validated with a new characterization, after the redesign of the plant, being obtained a removal percentage of 74.11% Suspend Solids, 83.79% COD, 90.45% BOD₅, 98.87% Surfactants, and 99.70 Sulphides. It is concluded that the study is valid; therefore, the company complies with current environmental normative, holding as a recommendation to conduct continuous monitoring of the treatment plant to ensure the maintenance of its efficiency.

Key words: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM>, <UNIFIED TEXT OF SECONDARY LEGISLATION OF THE MINISTRY OF ENVIRONMENT (TULSMA)>, <RESIDUAL WATER>, <JAR TEST METHOD>, <COAGULATION-FLOCCULATION>, <BIOLOGICAL TREATMENT >, <ACTIVATED SLUDGE SYSTEM>, <SANTA ROSA (PARISH)>.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Las empresas textiles son unas de las más contaminantes de la industria, debido al alto impacto que generan los residuos provenientes de sus variados procesos. Textiles Industriales Ambateños S.A. TEIMSA es una empresa dedicada a la Fabricación de hilos open end y telas de algodón, polialgodón y poliéster tinturadas y acabadas. La empresa cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales que fue construida en el 2011, donde se ha identificado que actualmente no se encuentra funcionando correctamente, por lo que se estaría incumpliendo con los límites máximos permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 097-A, sustitutivo del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 8 sobre el límite de descarga hacia el sistema de alcantarillado público. TEIMSA cumpliendo su compromiso con el ambiente, designa un presupuesto aproximado de 6000 dólares mensuales para mitigar el impacto sobre el agua; lo que significa un elevado costo de operación, además de presentar contaminación organoléptica debido a la emisión de malos olores que se expanden por toda el área afectando el bienestar y la salud de los trabajadores y vecinos.

1.2. Justificación del proyecto

Los inicios de la industria textil ecuatoriana se remontan a la época de la colonia, donde la lana de oveja fue utilizada en los obrajes para la fabricación de tejidos. En la actualidad, se fabrican productos provenientes de todo tipo de fibras, siendo las más utilizadas las naturales como el algodón, lana y seda y sintéticas como el poliéster, el nylon, los acrílicos. A lo largo del tiempo, las diversas empresas textiles se ubicaron en diferentes ciudades del país; sin embargo, siendo las provincias con mayor número de industrias dedicadas a esta actividad Pichincha, Guayas, Azuay, Tungurahua e Imbabura, además parte importante en la industria manufacturera del país es la fabricación de textiles y prendas de vestir, que, de acuerdo al Banco Central del Ecuador en los últimos 11 años, este sector ha mantenido una participación promedio del 1 al 2% en el PIB. (INEN, 2012, p. 3).

La industria textil es una de las mayores consumidoras de agua debido a la utilización de esta en algunos procesos, como son lavado y teñido de telas; donde se usan insumos químicos tales como colorantes, dispersantes, estabilizadores de pH, entre otros. Ante esta realidad, la generación de aguas con altos niveles de color, temperaturas elevadas, pH básicos, detergentes, DBO₅ y DQO, convierten a estos efluentes en un potencial contaminante si son descargados hacia cursos hídricos o sistemas de alcantarillado, sin tratamiento alguno.

En la actualidad, la actividad industrial ha comenzado a ser regulada en mayor grado por los Gobiernos Autónomos Descentralizados, donde se prohíbe realizar descargas sin cumplir con las regulaciones y normas técnicas hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores como acequias, ríos, lagos (naturales o artificiales), o aguas marinas. (Ministerio del ambiente, 2004, p. 2).

Por lo antes citado, se realizó el “Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa textil TEIMSA ubicada en la parroquia Santa Rosa de la ciudad de Ambato”, el mismo que consistió en analizar el estado de la planta, además de posibles alternativas para el óptimo funcionamiento del sistema de tratamiento actual; asimismo su factibilidad a nivel económico, lo cual permitiría reducir los elevados costos operativos, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

1.3. Línea base del proyecto

1.3.1. Reconocimiento del lugar de realización del proyecto.

La empresa TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S. A. TEIMSA fue constituida en el año 1992, en la ciudad de Ambato en Ecuador, con la participación inicial de 84 accionistas, cuyo objetivo fue la elaboración de lonas y gabardinas para zapatos deportivos. La empresa, cuenta actualmente, con 156 trabajadores legalmente sustentados y genera una producción mensual de aproximadamente 107000 Kg de telas e hilos lo que equivaldría a 322000 m lineales de tela.

En la ilustración 1-1 se observa el diagrama de funcionamiento de TEIMSA, donde se identifican los procesos estratégicos, operativos y de apoyo que permiten una comunicación clara, para que la elaboración del producto sea exitosa; y que mediante la optimización de los recursos con los que cuenta la empresa, se logre la satisfacción del cliente.

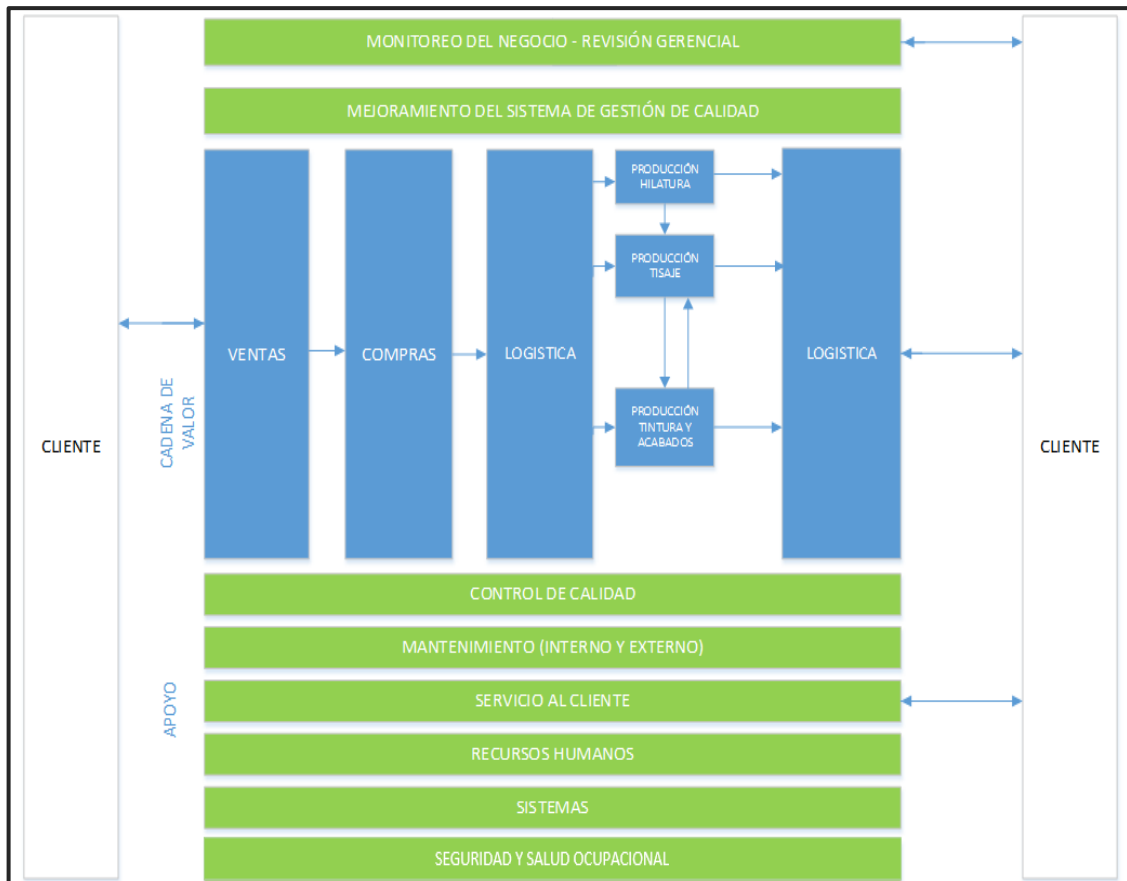


Ilustración 1-1: Mapa de procesos de TEIMSA

Fuente: TEIMSA

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

En la línea de producción de TEIMSA se presentan diferentes procesos, los cuales se encuentran subdivididos en tres áreas que son: Hilatura, Tisaje y Tintorería y Acabados, siendo esta última la que libera efluentes debido a los procesos de engomado y tintura (blanqueo, descruce, teñido, enjuague y lavado de telas) ver ilustración 2-1. El área de Tintorería y Acabados cuenta con cinco máquinas trituradoras y una centrifuga, además de una zona de engomado; las cuales son las generadoras de efluentes durante el proceso de producción que posteriormente serán descargados hacia al sistema de alcantarillado público, previo al tratamiento aplicado en la empresa. La cantidad y calidad de agua generada dependerá del tipo de proceso que se lleve a cabo durante la semana; además de la demanda de productos en el mercado, siendo los meses de marzo, octubre y noviembre los de mayor actividad a nivel de la planta según indicadores de TEIMSA para el año 2016.

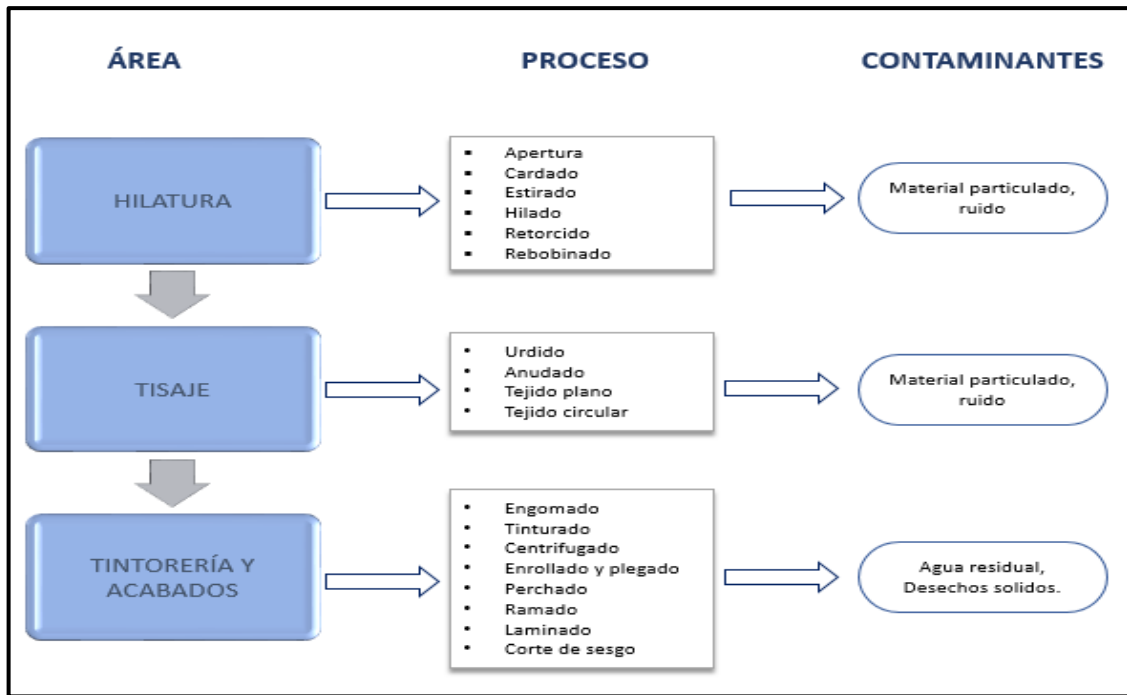


Ilustración 2-1: Procesos productivos de TEIMSA y los contaminantes generados.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

1.3.2. Estado actual de la planta de tratamiento de agua residual de TEIMSA.

El agua residual proveniente de la planta de Tintorería y Acabados es recogida por un canal (135,85m de largo) que además transporta el agua lluvia proveniente de las canaletas de esta nave, provocando en época invernal, el colapso del tanque recolector por el exceso de agua, lo que deriva en un desbordamiento de los vertidos de la planta hacia el sistema de alcantarillado público. Es importante citar que, en el tramo intermedio del canal, se presenta un sistema de rejilla automática que se encuentra inoperable por daño en el motor, además de 3 rejillas de dimensiones 0,61m x 0,44m, 0,59m x 0,61m y 0,59m x 0,64m de ancho y alto respectivamente, que permiten la retención de las partículas de mayor tamaño, evitando así su ingreso al sistema de tratamiento de aguas residuales.



Fotografía 1-1: Rejillas manuales y automáticas

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Una vez transportado por el canal, el efluente arriba al tanque de homogenización denominado TK-1 de aproximadamente 168,75 m³ de capacidad, donde es almacenado y homogenizado mediante aireación por medio de un sistema tipo flauta, para posteriormente ser enviado hacia el tanque biológico TK-2 mediante una bomba de succión. Además, se pudo observar que en la tubería que conecta a los tanques TK-1 y TK-2, existe una bomba dosificadora de ácido sulfúrico para regulación de pH, lo que permitiría estabilizar el pH a un valor neutro, requerido para el sistema de tratamiento. Es importante recalcar que las bombas dosificadoras no se encuentran en óptimas condiciones.



Fotografía 2-1: Tubería que conecta el tanque de homogenización y el tanque biológico.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.



Fotografía 3-1: Bombas dosificadoras en mal estado.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

En el tanque TK-2 (tanque biológico) de 210,93 m³ de volumen, se encuentra adaptado un sistema de aireación, el mismo que cuenta con difusores de membrana, los que se encuentran en mal estado al igual que los blowers causando una ineficiente aireación. Debido a las malas condiciones del sistema los directivos de TEIMSA consideran necesaria su repotenciación, realizando el cambio de los empaques de caucho del sistema de membranas, las tuberías conductoras de aire, y los blowers).



Fotografía 4-1: Membranas y tubería de aireación en mal estado.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Tanque de homogenización

Tanque biológico



Fotografía 5-1: Sistema de aireación en perfectas condiciones.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Luego que el agua pasa a través del proceso biológico, ingresa al clarificador uno TK-3 (29,68 m³ de capacidad) por gravedad, donde decantan los lodos generados. En la actualidad, existe una escasa deposición de los lodos en el clarificador, estos son recirculados hacia el tanque biológico, el mismo que se encuentra inactivo. El sobrenadante es vertido hacia una cisterna de 15,72 m³ de capacidad, para mediante un sistema de bombeo ser enviado al electrocoagulador de la planta de tratamiento, que junto a la adición de una solución de polielectrolito que ayuda al proceso de coagulación, permiten la reducción de los sólidos suspendidos y coloides que se encuentran en las aguas residuales; así mismo el electrocoagulador se encuentra conectado a un clarificador terciario con una capacidad de 30,78 m³, donde se genera la sedimentación de los lodos. El efluente que pasa por el clarificador dos es direccionado hacia una última cisterna con capacidad de 15,72 m³, misma que se encuentra conectada a una bomba de succión que eleva el agua al sistema de filtración, compuesto por una capa de arena y de piedra. Finalmente, el agua es descargada al sistema de alcantarillado público, mientras que los lodos generados durante el proceso son enviados hacia un filtro prensa previo al proceso de incineración realizado por un Gestor ambiental, que en el caso de la empresa es INCINEROX.

Las capacidades de los tanques son proporcionadas por TEIMSA.

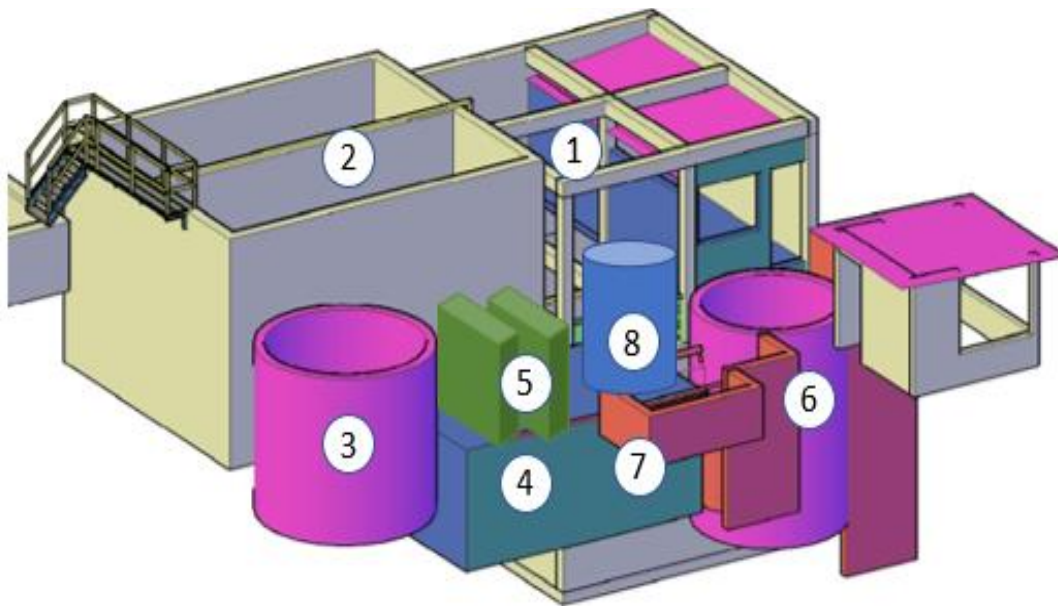


Ilustración 3-1: Diagrama actual de la Planta de tratamiento de aguas residuales TEIMSA.

Fuente: TEIMSA

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

1 Tanque de homogenización, 2 Tanque biológico, 3 Clarificador secundario, 4 Cisterna del electrocoagulador, 5 Electrocoaguladores, 6 Clarificador terciario, 7 Cisterna del filtro de arena, 8 Filtro de arena.

1.3.3. Caracterización de aguas residuales realizado por TEIMSA.

La empresa realiza un control de los efluentes sin una periodicidad establecida, siendo el último realizado a la salida de la PTAR durante el mes de enero del 2016, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 1-1 Resultados de análisis proporcionados por TEIMSA, enero 2016.

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO			
AGUA RESIDUAL DE SALIDA TRATADA			
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	8.32	6-9
Sólidos Suspendedos totales	mg/L	629	220
Oxígeno disuelto	mg/L	0.33	-
Dureza total	mg/L	60	-
Cloruros	Pt/Co	87.42	-
Cloro Residual	mg/L	2.24	0.5
Solidos totales disueltos	mg/L	5398	-
Hierro	mg/L	31.44	25
DQO	mg/L	656	500
Sulfatos	mg/L	128	400
Aceites y grasas	mg/L	2.90	70
Sodio	mg/L	1786	-
Sílice	mg/L	15	-
Coliformes totales	mg/L	27.5x103	-

Fuente: LAQUANALISIS, 2016.

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

Se identifican valores por sobre los límites permisibles, por lo que se estaría incumpliendo con la legislación ambiental. Un parámetro que llama la atención es el Hierro y su elevada concentración, debido a que la empresa no utiliza productos que contengan este elemento, por lo que se presume que los altos niveles encontrados estarían relacionados con el sistema de tratamiento de aguas residuales en el proceso de electrocoagulación, que funciona con un sistema de celda electrolítica que involucra electrodos de Fe (elemento catódico) los cuales mediante corriente eléctrica son oxidados en el ánodo de este sistema; siendo necesario la implementación de procesos que permitan la reducción de dicho elemento. (Galvín, 2012, p. 8).

La empresa a inicios del mes de abril del 2016 realiza una limpieza general de la PTAR, sustituyendo la arena por zeolita en el sistema de filtración, la cual es muy eficiente en la eliminación de metales pesados tal es el caso del hierro, por lo que los futuros análisis este parámetro ya no se ve reflejado.

1.4. Beneficiarios

1.4.1. Directos

El principal beneficiario del presente estudio será la empresa Textiles Industriales Ambateños S.A. “TEIMSA” y sus colaboradores.

1.4.2. Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los pobladores de la Parroquia Santa Rosa y el Cantón Ambato en general, junto a la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EMAPA) y los usuarios del recurso hídrico de la cuenca del río Patate.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1. Objetivo General

Rediseñar la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa textil TEIMSA ubicada en la Parroquia Santa Rosa de la Ciudad de Ambato.

2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del sistema de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA.
- Efectuar la caracterización físico-química del agua residual de la planta de tratamiento para el establecimiento de los parámetros que se encuentran fuera de norma en base a los límites de descarga establecidos en el acuerdo ministerial 097-A, sustitutivo del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.
- Realizar pruebas de tratabilidad para determinar las variables de proceso adecuadas para el rediseño del sistema de tratamiento de agua y por consiguiente los cálculos de ingeniería para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar la factibilidad técnica y económica de rediseño propuesto.
- Validar el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la caracterización final del agua residual de la planta de tratamiento en base a la normativa.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto

3.1.1. Localización geográfica

El presente trabajo técnico se lo realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa textil TEIMSA, ubicada en la Parroquia Santa Rosa, cantón Ambato, provincia de Tungurahua, en el Km 8 de la vía Ambato-Guaranda.

Tabla 1-3: Características Geográficas de la Parroquia Santa Rosa.

Límites	Superficie territorial	Altitud	Coordenadas Geográficas
Al Norte con el Cantón Ambato	90.7 Km ² (constituyéndose en la parroquia más grande del cantón.)	3016 msnm	Longitud (m): -78.6667 Latitud (m): -1.28333
Al Sur con el Cantón Tisaleo y la Parroquia Juan Benigno Vela			
Al Este con la Parroquia Huachi Grande			
Al Oeste con las Parroquias Quisapincha y Pasa			

Fuente. Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Santa Rosa

Realizado por: Diana Veloz. 2017.



Ilustración 1-3: Ubicación geográfica de la Parroquia Santa Rosa.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Población

La parroquia Santa Rosa, cuenta con una población de 21.810 habitantes, donde el 49% son hombres y el 51% son mujeres, de acuerdo con los datos del censo del año 2010. Con una proyección de 24.102 habitantes para el 2018. (SENPLADES, 2017)

Clima

En la parroquia Santa Rosa, la temperatura promedio es de 12° C, la principal actividad económica es la agricultura debido a su clima templado seco y a las características del suelo, durante el mes de noviembre se presenta la temperatura promedio máxima mensual de 20 °C, sin embargo, en meses de invierno la temperatura desciende en promedio hasta 6°C.

Según datos pluviométricos las precipitaciones se encuentran en un rango comprendido entre 500 y 600 mm, anualmente; mientras que la evaporación se establece entre 600 y 700 mm, por lo que se observa un déficit hídrico de alrededor de 100 mm que es solventado mediante procesos de regadío.

Actividad Comercial

Durante los últimos años, la parroquia Santa Rosa presenta un mayor dinamismo económico y comercial, ya que en el centro parroquial se ha incrementado el número de establecimientos comerciales debido al asentamiento de fábricas y microempresas en la zona, muestra de ello es el parque industrial (privado) ubicado en el sector San José, donde se encuentra ubicada la empresa TEIMSA. La cabecera parroquial de Santa Rosa se encuentra conectada con el cantón Ambato a través de la carretera Ambato- Guaranda, siendo una vía de primer orden, en la que se encuentran apostadas varias empresas manufactureras. Según el censo del 2010, el 70% de la población esta empleada en actividades de agricultura, ganadería, industrias manufactureras, a la construcción y al comercio al por mayor y menor; mientras que el restante 30% se dedica a otras actividades.

Hidrología

La Parroquia Santa Rosa se encuentra ubicada a una cota de 3000 msnm, donde las aguas residuales generadas por la población son evacuadas en una acequia cercana, proveniente de la quebrada Toallo, que desemboca a la altura del sector de San Vicente de Tilulum aldeaño al río Ambato, mismo que atraviesa la ciudad y finalmente sus aguas se unen al río Patate, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

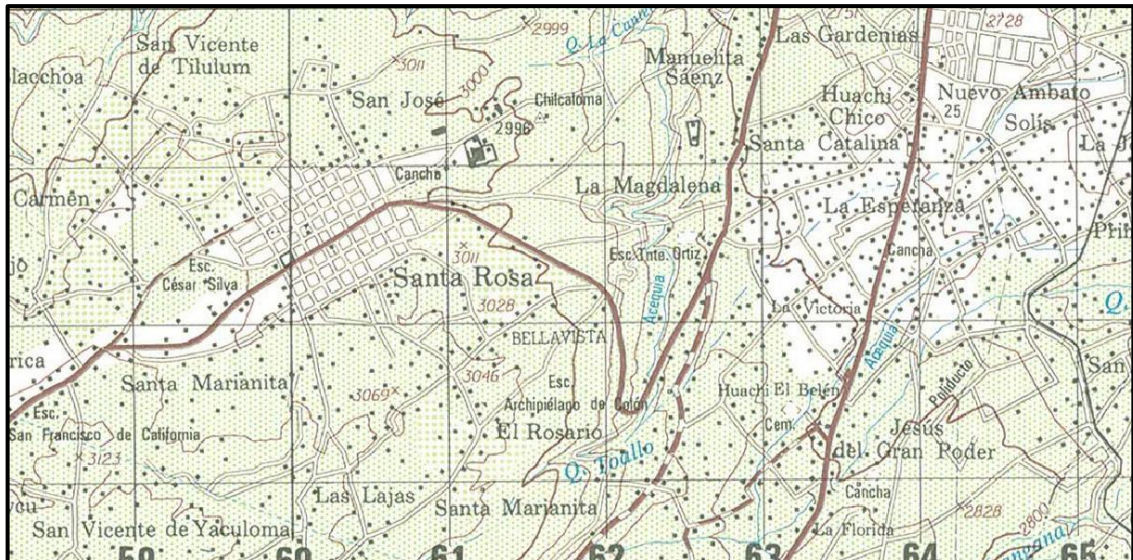


Ilustración 2-3: Carta topográfica ciudad Ambato-Cantón Santa Rosa.

Fuente: (Instituto geográfico militar, 2013)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

La subcuenca del río Ambato tiene una superficie aproximada de 130.173 hectáreas, está localizada en la cordillera Occidental, teniendo como límites: al norte la subcuenca del río Cutuchi, al sur con subcuenca del río Chambo, al este las subcuencas de los ríos Cutuchi y Patate, y al oeste las subcuencas de los ríos Babahoyo y Yaguachi. (TUNGURAHUA, 2015, p. 20)

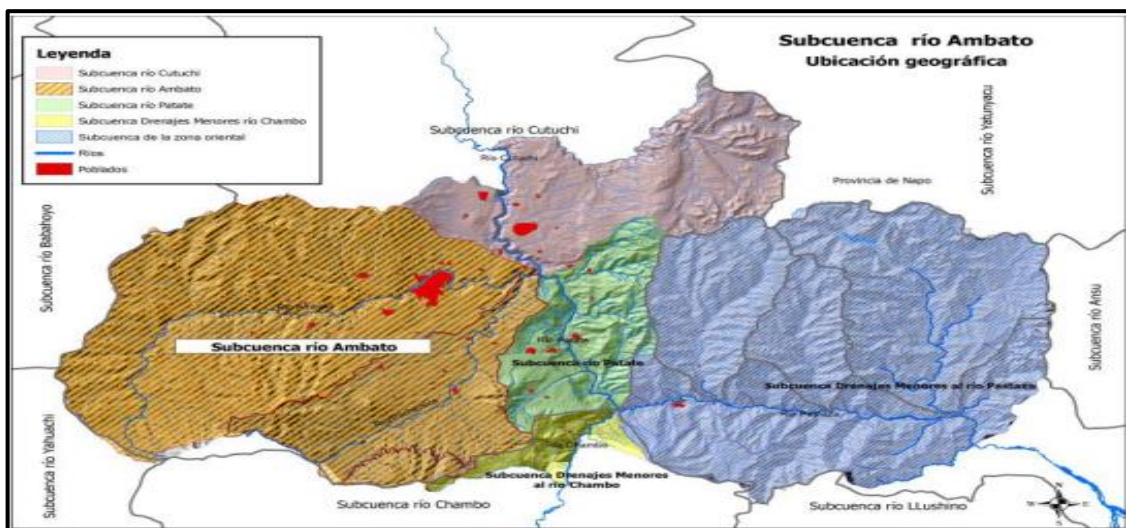


Ilustración 3-3: Subcuenca del río Ambato, ubicación hidrográfica.

Fuente: División Hidrográfica SEAGUA 2010

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

El territorio de la Parroquia Santa Rosa y su hidrografía representan la cuenca alta del río Pastaza, es así como desde la provincia de Cotopaxi nace el río Cutuchi y se unirá con el río Ambato para formar el río Patate, que al unirse con el río Chambo dan lugar al río Pastaza. El río Ambato es

alimentado por una serie de pequeños ríos y riachuelos que nacen principalmente en las estribaciones occidentales de la cordillera de Los Andes. Esta unidad hidrográfica está conformada por los ríos Colorado y Blanco, el primero nace a 4800 msnm en la vertiente oeste del nevado Chimborazo mientras que el segundo proviene del Carihuairazo a los 4400 msnm, siendo este el único río que atraviesa la ciudad de Ambato.

Las aguas del río Ambato son utilizadas en canales y acequias por lo que presenta un bajo caudal de no más 1,7 m³/s; tal es el caso de la Parroquia Santa Rosa, en la que se encuentran cuatro canales de riego que se muestran en la Tabla 2-3, utilizados para las diferentes actividades agropecuarias. La mayor parte de agricultores se quejan de la falta de agua sobre todo en época seca, debido al déficit hídrico anual del Cantón Ambato que asciende a aproximadamente los 1913.35 mm (GAD Parroquia Santa, 2015, pp. 19-22).

Tabla 2-3: Acequias de la Parroquia Santa Rosa.

ACEQUIA	CAUDAL (L/s)	COMUNIDADES BENAFICIARIAS
CASIMIRO PAZMIÑO	50	Cuatro esquinas, San Pablo, Yaculoma
CHIQUICAGUA	25	Angahuana Alto, Cuatro esquinas, Miñarica San José
TOALLO	12	El Quinche Jerusalén, Undina
CUNUYACUC	16	Cuatro Esquinas, Las Lajas, San Pablo, Yaculoma.

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial de la Parroquia Santa Rosa

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Tipo de Estudio

El estudio realizado es un trabajo técnico de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo, debido a que se usaron diferentes estrategias para recolección de datos y su posterior estudio, lo que permitirá determinar mediante técnicas experimentales los factores operacionales.

3.2.2. Métodos y técnicas

3.2.2.1. Métodos

Para el rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales se han considerado los siguientes métodos:

Método inductivo: Consiste en el estudio de lo particular a lo general, lo cual permitiría establecer el estado de funcionamiento de la PTAR. La toma de muestras de agua residual y su posterior caracterización físico - química permitió conocer los contaminantes presentes en el efluente e identificar los parámetros que se encuentran fuera de norma, para posteriormente mediante el análisis de resultados establecer los procesos de tratabilidad idóneos para el rediseño del sistema de tratamiento.

Método deductivo: Parte de lo general a lo específico, por lo que mediante la caracterización de las aguas generadas por parte de la empresa se establecen los parámetros que incumplen con la normativa ambiental vigente, permitiendo deducir los procesos y los posibles factores que se encuentren funcionando inapropiadamente dentro del sistema de tratamiento actual.

Método experimental: Es un método práctico el cual se aplica a nivel de laboratorio mediante el uso de materiales, equipos e instrumentos, utilizados en la caracterización fisicoquímica del agua residual y en su tratabilidad, determinando así los tratamientos adecuados para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA y su factibilidad.

3.2.2.2. Técnicas

3.2.2.2.1. Determinación del caudal

Para conocer el caudal de agua residual que ingresa a la PTAR, se realizó la conexión de una tubería de PVC para la derivación del agua lluvia proveniente de las canaletas de la nave de Tintorería y Acabados, que serán vertidas directamente hacia el sistema de alcantarillado público; por lo que el caudal de ingreso provendrá únicamente de los procesos de producción tal como se observa en la fotografía 1-3.



Fotografía 1-3: Conexión de la tubería de agua lluvia a la matriz de agua lluvia.

Realizado por: Diana Veloz. 2017

Realizada la derivación se procedió a medir el caudal mediante el método volumétrico, que consiste en llenar un recipiente de volumen conocido en un tiempo determinado, esto permite conocer el caudal de ingreso de las aguas residuales hacia el sistema de tratamiento. (Valencia, 2014, p. 5).

Las aforaciones se las realizaron en la tubería que conecta el tanque de homogenización con el reactor biológico, no es recomendable efectuarlas en la tubería de ingreso debido a que la producción es variable y no se tiene un caudal fijo. Se procedió a determinar los tiempos de llenado en un contenedor graduado de 10 litros, proceso que se realizó durante el primer martes de cada mes, teniendo en cuenta que el proceso de tintura, por lo general, empieza a generar efluentes durante los primeros días de la semana, obteniéndose un total de 5 muestras al día, tal como se observan en la Tabla 4-3.



Fotografía 2-3: Medición de caudal.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Tabla 3-3: Numero de muestras por mes.

Mes	Numero de muestras
Mayo	5
Junio	5
Julio	5
Agosto	5
Septiembre	5
Octubre	5

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Durante los monitoreos realizados en el periodo en mención, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4-3: Aforo de caudal de agua residual TEIMSA.

		Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Muestra	Hora	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s	L/s
1	08:30	9,15	8,00	8,32	7,56	8,36	9,23
2	10:30	11,01	7,56	8,14	8,08	8,52	10,08
3	12:30	10,59	7,59	7,86	8,07	8,56	9,44
4	14:30	10,40	7,45	8,14	8,01	9,01	9,40
5	16:30	11,13	7,52	7,87	8,13	8,57	9,30
Promedio		10,46	7,62	8,07	7,97	8,60	9,49
Caudal L/s		0,96	1,31	1,24	1,25	1,16	1,05
Caudal (m³) /día		82,63	113,33	107,12	108,41	100,42	91,04
Caudal (m³)/semana		330,53	453,31	428,47	433,63	401,67	364,17
							401,96

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

El caudal promedio obtenido durante la fase de monitoreo fue de 401.96 m³/semana, considerando 4 días de trabajo, debido a que el proceso de tintura que es el mayor generador de agua residual se desarrolla entre los martes y viernes. Es importante mencionar que el volumen de efluentes obtenido durante la semana se distribuye para 5 días generando una alimentación continua al sistema de tratamiento, siendo el caudal de alimentación igual a 80,39 m³/día, lo que generaría un almacenamiento promedio de 20 m³/día, el mismo que será derivado hacia el tanque de homogenización, que tiene una capacidad de almacenamiento de 168,75 m³.

$$Q = 80,39 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q = 80,39 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * \frac{1\text{día}}{24\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}$$

$$Q = 0,00093 \text{ m}^3/\text{s} \text{ caudal para 5 días de tratamiento.}$$

3.2.2.2.2. Muestreo de aguas residuales de TEIMSA

El muestreo es un proceso que permite recolectar una cantidad considerable de muestra para su posterior estudio o análisis, pudiendo ser esta: agua potable, agua residual industrial, agua residual doméstica, etc. (Instituto de Toxicología de la Defensa, 2016, p. 2).

Los muestreos fueron realizados en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, que trata sobre el monitoreo de Agua y el muestreo y conservación previo a la caracterización. Los análisis a realizar son de tipo físico-químico, por lo que la muestra se toma en recipientes de plástico totalmente limpios y debidamente identificados indicando la fecha, hora y procedencia del agua residual; se transportaron en un cooler provisto de hielo con el fin evitar alteraciones en la muestra.

La toma de muestra se realizó en los meses de abril y junio del 2016, un día viernes de cada mes, el efluente de entrada a la PTAR se tomó en el tanque de homogenización con la finalidad de obtener una muestra compuesta de agua residual, no es recomendable muestrear directamente desde la tubería debido a que la actividad no es constante y el efluente proviene de diferentes procesos no solo de la etapa de tintura, sino también del lavado de máquinas; la muestra de agua residual de descarga se toma en la tubería de salida del filtro de arena, el muestreo se realizó *insitu* y de forma manual.

3.2.2.2.3. Caracterización Físico - Química del agua residual de TEIMSA.

Las muestras se trasladaron hacia el Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental (CESTTA), donde se realizó la caracterización físico - química de las aguas residuales de acuerdo a la metodología descrita en la Tabla 5-3 y Tabla 6-3.

Tabla 5-3: Parámetro, Unidad y Método/Norma para Caracterización Física del agua.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO/NORMA
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	PEE/CESTTA/05 Standard Method No.4500-H ⁺ B
Sólidos Sedimentables	mL/L	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No.2540 F
Sólidos Suspendidos	mg/L	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No.2540 D
Color	Pt/Co	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C
Turbidez	UNT	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1

Fuente: CESTTA SGC, 2016. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

Tabla 6-3: Parámetro, Unidad y Método/Norma para Caracterización Química del agua.

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO/NORMA
Grasas y Aceites	mg/L	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No.5520 B
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No.5220 D
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No.5210 B
Cromo Hexavalente	mg/L	PEE/CESTTA 32 Standard Methods No 3500 –Cr B
Tensoactivos	mg/L	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No.5540 C
Sulfatos	mg/L	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ² E4
Sulfuros	mg/L	PEE/CESTTA/ 19 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500- S ²⁻ C y D
Mercurio	mg/L	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1-EPA 7470A
Cadmio	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
Cobre	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
Níquel	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
Plomo	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
Zinc	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
Hierro	mg/L	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994
∞ Fosforo	mg/L	STANDARD METHODS 4500 P E mod
∞ Nitrógeno	mg/L	STANDARD METHODS 4500 N B mod
∞ ∞ Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	METODO GASOMÉTRICO

Fuente: Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

∞ laboratorio de servicios ambientales de la UNACH.

∞ ∞ Laboratorio de Calidad de Agua – CIENCIAS- ESPOCH

Una vez realizada la caracterización se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7-3: Caracterización agua residual entrada, meses abril y junio del 2016.

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO AGUA RESIDUAL DE ENTRADA A LA PTAR TEIMSA					
PARÁMETROS	UNIDAD	ABRIL	JUNIO	PROMEDIO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	7.3			6-9
Sólidos Suspendidos	mg/L	244	235	239.5	220
Sólidos Sedimentables	mL/L	2.5			20
DQO	mg/L	2056	1510	1783	500
DBO ₅	mg/L	1600	600	1100	250
Mercurio	mg/L	0.0001			0.01
Tensoactivos	mg/L	2.95	>44	23.47	2
Color	Pt/Co	456.04			–
Cloro Libre Residual	mg/L	<0.1			–
Sulfuros	mg/L	>9.9	>44	26.95	1
Turbidez	UNT	147			–
Níquel	mg/L	<0.4			2
Cadmio	mg/L	<0.04			0.02
Hierro	mg/L	2.22			25
Plomo	mg/L	<0.3			0.5
Zinc	mg/L	0.38			10

Fuente: CESTTA SGC, 2016. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Tabla 8-3: Caracterización agua residual salida, meses abril y junio del 2016.

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO AGUA RESIDUAL DE SALIDA DE LA PTAR TEIMSA					
PARÁMETROS	UNIDAD	ABRIL	JUNIO	PROMEDIO	VALOR LIMITE PERMISIBLE
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	8.34			6-9
Sólidos Suspendidos	mg/L	<50			220
*Sólidos Sedimentables	mL/L	0.1			20
DQO	mg/L	852	960	906	500
DBO ₅	mg/L	380	380	380	250
*Mercurio	mg/L	0.00012			0.01
Tensoactivos	mg/L	3.4	16.2	9.8	2
Color	Pt/Co	433.64			–
Cloro Libre Residual	mg/L	<0.1			–
Sulfuros	mg/L	0.14			1
Turbidez	UNT	13.7			–
Níquel	mg/L	<0.4			2
Cadmio	mg/L	<0.04			0.02
Hierro	mg/L	3.51			25
Plomo	mg/L	<0.3			0.5
Zinc	mg/L	<0.2			10

Fuente: CESTTA SGC, 2016. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

En la primera caracterización se identifica los contaminantes que incumplen los límites máximos permisibles. Debido al costo de los análisis físico- químicos, en la segunda caracterización realizada en el mes de junio, se consideraron únicamente los parámetros que se encontraban fuera de la normativa, realizándose un promedio entre estos dos valores tal como se observa en la Tabla 7-3 y Tabla 8-3.

En los resultados de la caracterización del agua residual de entrada se observa la presencia de contaminantes como: sólidos Suspendidos, DQO, DBO₅, tensoactivos y sulfuros; luego de aplicado el tratamiento actual se ve una muy baja remoción de estos contaminantes llegando a eliminarse solamente los sólidos suspendidos y sulfuros, mientras que el DQO se elimina en un 49,18%, el DBO₅ en un 65,45 % y los tensoactivos en un 58,24 %; por lo que no se logra un cumplimiento con los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público.

3.2.3. Determinación de variables para el redimensionamiento

Para la determinación de las variables de redimensionamiento se consideró el caudal que viene descrito anteriormente, así como el índice de biodegradabilidad que se detalla a continuación:

3.2.3.1. Índice de Biodegradabilidad

El índice de biodegradabilidad permite conocer la naturaleza del efluente e indica el tratamiento adecuado para este, ya sea un tratamiento físico-químico o biológico. Se calcula realizando la relación entre DBO₅ y DQO, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de biodegradabilidad} = \frac{\text{DBO}_5}{\text{DQO}}$$

ECUACIÓN 1

Cuanto menor es este índice, mayor es la fracción de componentes difícilmente biodegradables, por lo tanto, las restricciones de una tratabilidad biológica aumentan, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 9-3: Tipo de tratamiento del agua residual según el índice de biodegradabilidad.

Relación	Índice	Biodegradable	Tratamiento
$\frac{DBO_5}{DQO}$	< 0,2	Poco	Limitaciones a tratamientos biológicos.
	0,2-0,4	Moderado	Permite cuestionar entre la selección de un tratamiento biológico o un físico - químico.
	> 0,4	Muy	Recomendable un tratamiento biológico.

Fuente: Estudio de la evolución de una ETAP para la adecuación legislativa (Martínez, Lucero).

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Para la determinación del índice de biodegradabilidad se parte de los resultados de los análisis realizados en el mes de abril y junio del 2016 a las aguas residuales que ingresan a la PTAR, los mismos que se relacionan tal como se menciona en la ecuación 1, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 10-3: Parámetros para evaluar el índice de biodegradabilidad.

Parámetro	Unidad	Resultado abril	Resultado junio
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	1600	600
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2056	1510
Relación DBO_5/DQO	-	0.78	0.40
PROMEDIO		0.59	

Fuente: CESTTA SGC, 2016. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

La relación de biodegradabilidad en el mes de abril es de 0,78 y en el mes de junio es de 0,40 el promedio de la relación de los dos meses da un valor de 0,59 lo que indica que el efluente es de naturaleza muy biodegradable permitiendo seleccionar un tratamiento biológico. La diferencia entre el valor de los índices de biodegradabilidad se puede deber a varias razones, como al aumento de producción la que es variante de mes a mes, la actividad del proceso de engomado y desengomado, entre otros.

3.2.4. Propuesta de rediseño de la PTAR de TEIMSA

3.2.4.1. Tratamiento biológico

Tomando en cuenta el valor del índice de biodegradabilidad y la recomendación de aplicar un tratamiento biológico, además de la ventaja de poseer la infraestructura adecuada, se procede a realizar una repotenciación de este, misma que consistió en agregar microorganismos para tratamiento de aguas residuales. Cabe mencionar que el tratamiento biológico implementado es un sistema de lodos activados, que consiste en la recirculación de fangos provenientes de la decantación, sujetas a un sistema aerobio. Este proceso está fundamentado en la producción de una masa activa de microorganismos que son mezclados en un reactor junto a aguas residuales en presencia de una gran cantidad de oxígeno, para producir la oxidación de una parte de la materia orgánica a Dióxido de Carbono y agua, generando energía la cual es utilizada para la síntesis de nuevas células. (Ron Crites & George Tchobanoglous, 2000, p. 399).

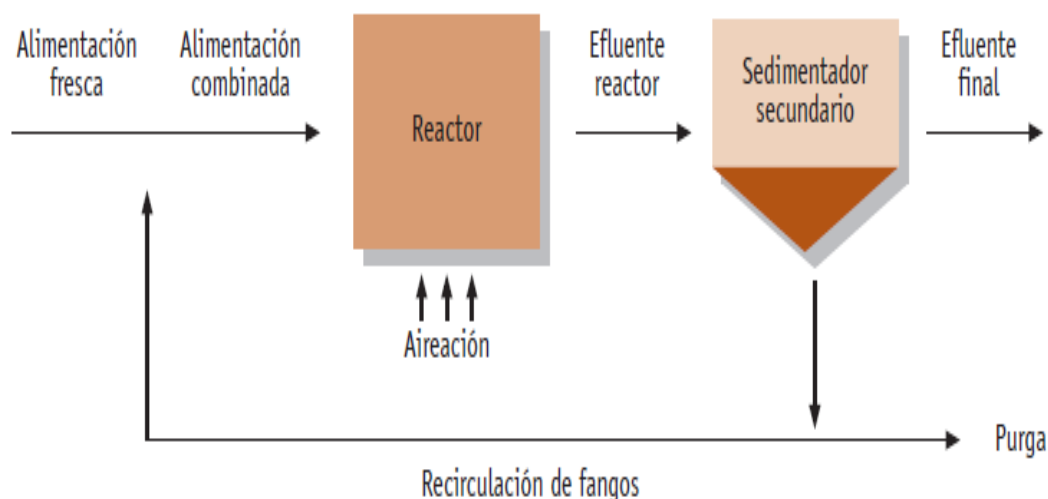


Ilustración 4-3: Esquema del proceso de lodos activados.

Fuente: (José de la Sota Ríos, 2014)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

Para repotenciar el sistema de tratamiento biológico actual, es necesaria la compra de ISA ECOENZIM-IN, que se trata de un coctel microbiano que produce enzimas que ayudan a la degradación de la materia orgánica presente en las aguas residuales industriales. La prueba se la realiza en planta directamente, puesto que las pruebas en laboratorio implican una estructura que no se posee, además se requiere un caudal constante de agua residual y oxigenación interrumpible.

Requerimiento de nutrientes.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de energía y de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento; además, también es necesaria la presencia de nutrientes que contengan los elementos esenciales para su desarrollo, especialmente los compuestos que contengan N y P, los mismos que muchas veces resultan deficientes sobre todo en agua de tipo industrial, siendo necesaria su incorporación a través compuestos que contengan dichos sustancias, tal es el caso de la urea, H_3PO_4 o $(NH_4)_3PO_4$. (Jose Ferrer Polo /Aurora Seco Torrecillas, 2008, p. 53).

Para conocer la cantidad de nutrientes para un crecimiento biológico adecuado, debe existir la proporción adecuada de $DBO_5:N:P$ donde la DBO_5 representa la cantidad de materia biodegradable y su relación con las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo; las cuales deben estar entre 100:20:1 y 100:5:1; si esta no se encuentra equilibrada, el tratamiento podría ser ineficiente. (David L. Rusell, 2012, p. 90)

Para determinar la presencia de Fósforo y Nitrógeno en el agua residual de TEIMSA se realiza un análisis en el laboratorio de servicios ambientales de la UNACH, y de DBO_5 en el laboratorio de Análisis Técnicos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, obteniéndose los siguientes valores.

Tabla 11-3: Resultados de análisis de fósforo y nitrógeno.

Parámetro	Unidad	Resultado
Fosforo Total	mg/L	9.5
Nitrógeno Total	mg/L	141.73
DBO_5	mg/L	1590

Fuente: (Laboratorio De Servicios Ambientales UNACH, 2016 & Laboratorio de Análisis de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, ESPOCH)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Para cumplir con la relación $DBO_5: N: P$ en cuanto a la cantidad de nitrógeno no se toma ninguna acción debido a que se posee $141,73 \text{ mg/L}$, valor que está dentro del rango de 318 mg/L a $79,5 \text{ mg/L}$; mientras que para el fósforo se tiene un déficit de $6,4 \text{ mg/L}$, por lo que se dosifica $1,91 \text{ Kg/día}$ de ácido fosfórico al 85% en el cual existe una concentración de P del 31.6%. Una vez que se ha logrado obtener el medio adecuado se procede a la adición de los microorganismos. (Véase cálculos en sección 3.2.6.2.2 Cálculo de la cantidad de nutrientes).

Siembra de microorganismos.

En relación con el caudal diario (80 m³/día) que ingresa al reactor biológico, se consideró una dosis inicial de arranque de 1.2 Kg ISA ECOENZIM-IN el primer día, 0.8 Kg diario durante 15 días, 0.4 Kg diario durante 30 días y una dosis de mantenimiento semanal de 0.4 Kg por un año.

Tabla 11-3: Dosis de microorganismos ISA ECOENZIM-IN

Etapa	Dosis Kg	Frecuencia	Periodo
Arranque	1.2	diaria	un día
	0.8	diaria	15 días
	0.4	diaria	30 días
Mantenimiento	0.4	semanal	un año

Realizado por: Diana Veloz, 2017

Modo de empleo.

La adición de microorganismos se realizó en el reactor biológico, tomando 20 litros de agua residual, donde se agregaron como máximo 1 Kg de microorganismos, los restantes 0.2 Kg se colocaron en otro balde con la misma cantidad de agua. Para activar la enzima ISA ECOENZIM-IN, se homogeniza la mezcla durante 30 minutos, pasado este tiempo se vierte la mezcla activada en el reactor biológico. En caso de quedar restos de la mezcla en el fondo del recipiente, se enjuaga con agua del reactor, hasta vaciarlo. El proceso se repite durante los siguientes días de la siembra colocando la dosis indicada en la Tabla 12-3 y siguiendo el mismo mecanismo. Una vez efectuada la siembra se realizó el monitoreo diario de crecimiento de lodos.

Monitoreo de lodos.

Es importante vigilar el crecimiento diario de microorganismos, lo cual se ve reflejado en la cantidad de lodo generado en el reactor biológico, para ello se tomó una muestra de licor de mezcla del tanque en un cono Imhoff de 1000 mL, a continuación, se lo dejó reposar durante 30 minutos, para finalmente determinar los sólidos sedimentables. Este control se lo realizó diariamente y se lleva a cabo durante los 4 meses posteriores a la siembra, obteniendo los resultados indicados en los Grafico 1-3 y Grafico 2-3.



Fotografía 3-3: Sedimentación de lodos en cono Imhoff.

Realizado por: Diana Veloz. 2017

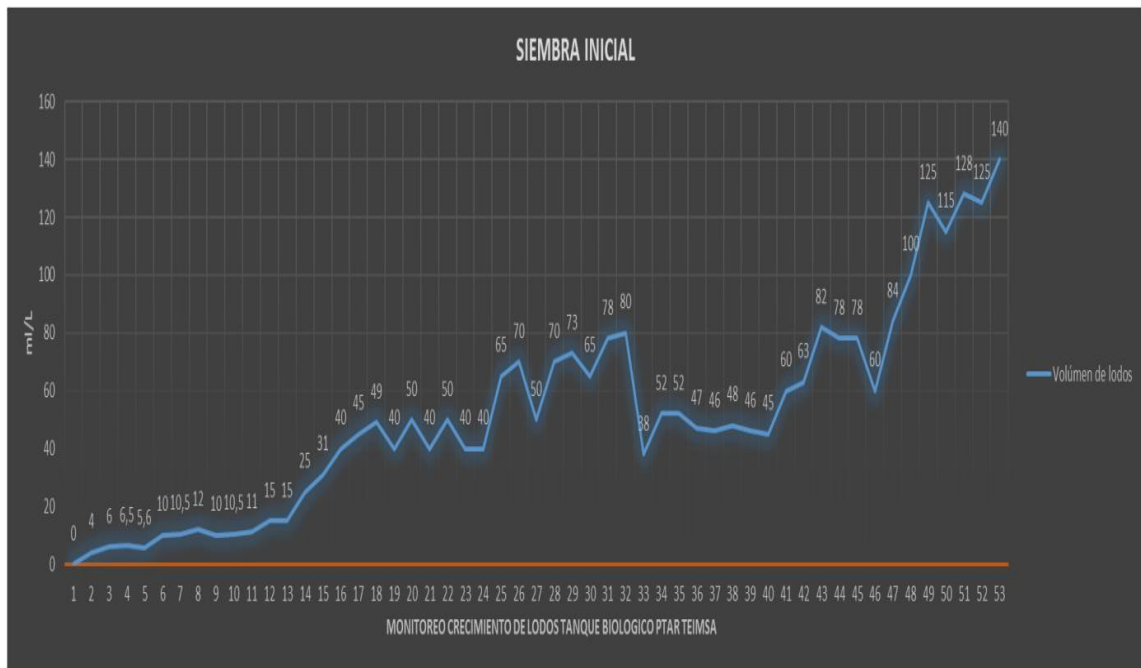


Gráfico 1-3: Monitoreo crecimiento de lodos tanque biológico, etapa de arranque.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

Se puede observar que el crecimiento de lodos es bajo en la etapa de arranque, es decir, en los primeros 45 días, se alcanza únicamente 140 mL/L de sólidos sedimentables en el tanque biológico, debido a la adaptación de los microorganismos al medio.

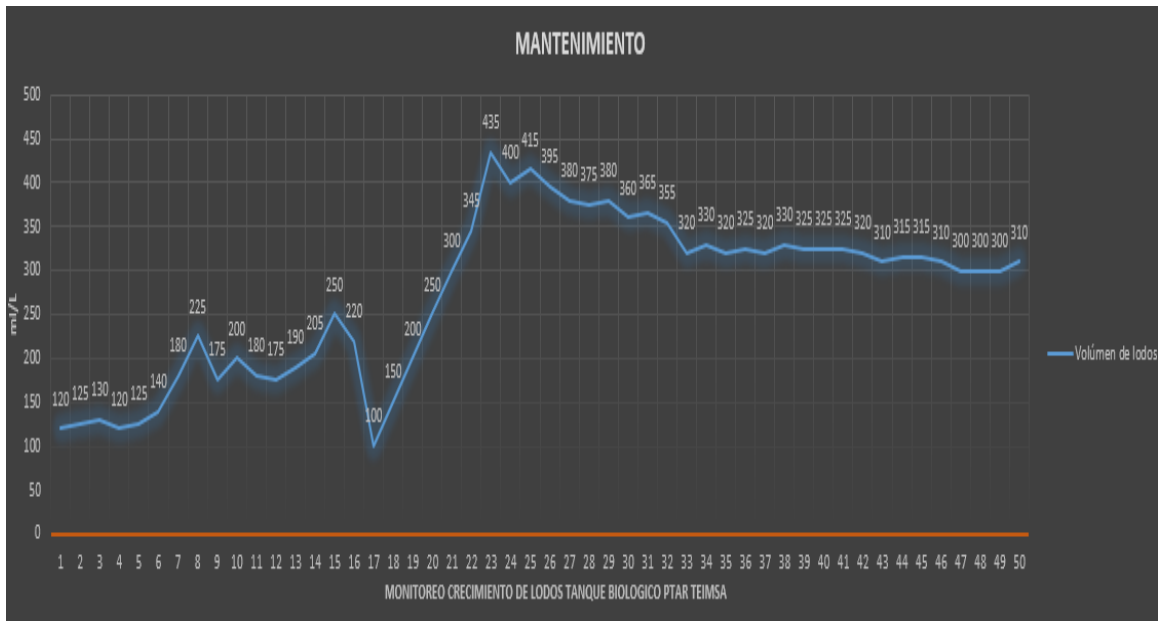


Gráfico 2-3: Monitoreo crecimiento de lodos tanque biológico, etapa de mantenimiento.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

En la etapa de mantenimiento, los lodos empiezan a crecer considerablemente a partir del día 17, alcanzando los 435mL/L; momento en el que se procede a eliminar lodo en exceso del sistema mediante purga, llegando a una estabilización de crecimiento de lodos a los 300ml/L.

Control diario de pH.

Este control debe ser estricto, debido a que, los microorganismos requieren valores de pH para su desarrollo de entre 6.5 a 9, siendo neutro el óptimo. Dependiendo de la procedencia del agua residual este podrá ser ácido, así como básico y será regulada con sosa cáustica y ácido fórmico dependiendo de la acidez o basicidad del medio, con una bomba dosificadora, en la tubería que une a los tanques de homogenización y biológico.

Anteriormente, se utilizaba ácido sulfúrico para la regulación de pH llegando a consumir aproximadamente 28 Kg/día de este compuesto, este ácido inorgánico generador de sulfuros emanaba malos olores en el proceso de tratamiento de aguas, por lo que se consideró sustituir dicho compuesto por ácido fórmico, que, al ser de tipo orgánico, sirve de alimento para los microorganismos, lo que hace que sea consumido en su totalidad.

Control diario de oxígeno.

La aireación es considerada un factor básico en el tratamiento biológico con microorganismos, teniendo en cuenta que la solubilidad del oxígeno en el agua es baja (en torno a 8-9 mgO₂ disuelto/L), lo cual depende de la presión y la temperatura. Frente a esto, se utilizaron difusores de aire que permitieron el suministro de oxígeno a los microorganismos presentes en el agua, siendo el valor mínimo recomendable de 2mgO₂ disuelto/L. El control de este se lo realizó diariamente, utilizando un medidor de oxígeno, obteniéndose los siguientes resultados:

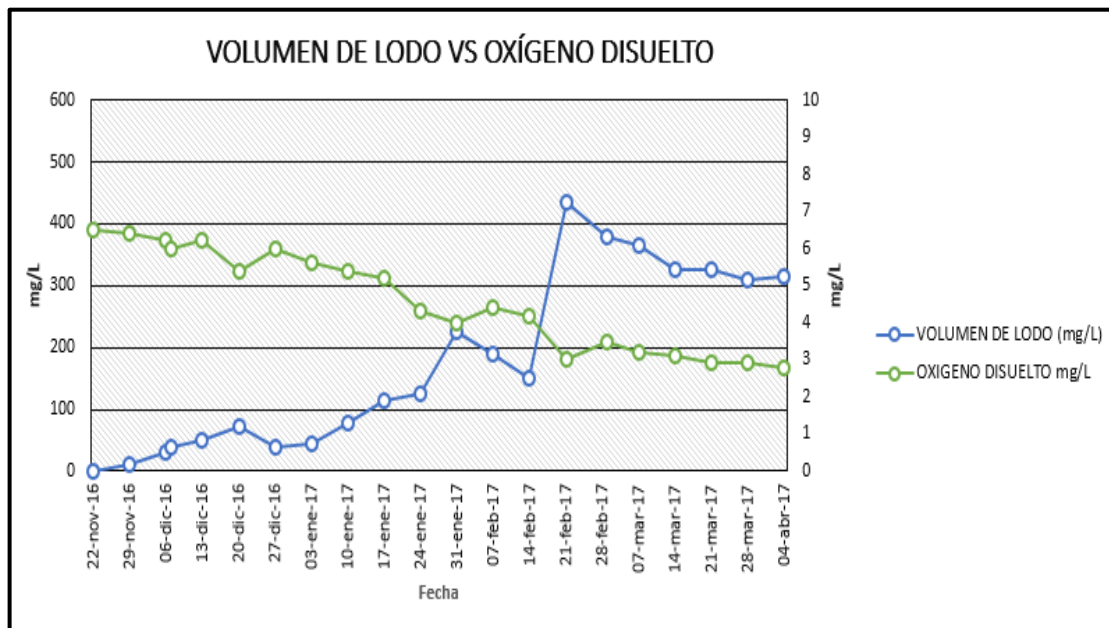


Gráfico 3-3: Monitoreo semanal de oxígeno vs volumen de lodo en el tanque biológico.

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

La cantidad de oxígeno disuelto es de 6,9 mg/L al inicio del proceso de siembra, en la décima tercera semana el volumen del lodo biológico empieza a aumentar lo que hace que la cantidad de oxígeno descienda debido al crecimiento microbiano y su consumo.

Posterior a la repotenciación del sistema biológico se procedió a realizar una nueva caracterización para verificar el correcto funcionamiento del sistema biológico, por lo que el efluente pasa a través del sistema de lodos activados, el electrocoagulador, los clarificadores primario y secundario y finalmente el filtro de zeolita instalado en la planta, en donde se toma la muestra, se compara con los resultados de análisis del agua de entrada, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 13-3: Análisis agua residual, sistema biológico, electrocoagulación y filtración.

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO AGUA RESIDUAL ENTRADA-SALIDA					
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO ENTRADA	RESULTADO SALIDA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	PORCENTAJE DE REMOCIÓN
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	8,55	9,35	6-9	
DQO	mg/L	1783	156	500	91,25%
DBO ₅	mg/L	1100	60	250	94,54%
Sólidos suspendidos	mL/L	239.5	50	20	79,13%
Tensoactivos	mg/L	23.47	2,22	2	90,54%
Sulfuros	mg/L	26.95	0,04	1	99,85%

Fuente: CESTTA SGC, 2017. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

Se puede observar que, de acuerdo a los resultados de la caracterización, los niveles de DQO, DBO₅ y sulfuros se reducen en un 91,25%, 94,54% y 99,85% respectivamente, por lo que se cumple con eliminar la materia orgánica del agua residual, dando a notar que el tratamiento biológico funciona correctamente. Sin embargo, se observa que pese a que los tensoactivos se reducen en un 90,54% no es suficiente para cumplir los límites permisibles, además de observar un incremento del pH del agua de 8.55 a 9.35, debido a la presencia de hierro generado en el proceso de electrocoagulación, por esta razón es importante establecer como posible solución la implementación de un sistema de Coagulación – Floculación con productos químicos, lo cual permitirá eliminar la electrocoagulación, además de sus elevados costos de funcionamiento.

3.2.4.2. Tratamiento Químico

De acuerdo con la caracterización efectuada con anterioridad se consideró realizar una prueba de jarras para la eliminación de contaminantes aun presentes en los efluentes de descarga de la PTAR de TEIMSA.

Prueba de Jarras

Para realizar esta prueba se utiliza diferentes coagulantes como: el Sulfato de Aluminio y Sulfato de Hierro y Policloruro de Aluminio con alta concentración de Al_2O_3 (mínimo 30%) y como auxiliar de coagulación, un polímero aniónico. La prueba se lo realizó a cinco muestras compuestas, cuyas turbiedades se encuentran alrededor de 23.5 NTU, por lo que se dosifica un coagulante y un auxiliar de coagulación, los resultados se muestran en la Tabla 14-3.

Se utiliza un agitador en el que se realizó una mezcla rápida a 100rpm, se añadieron los reactivos utilizando una jeringuilla hasta obtener una mezcla uniforme, posteriormente se aplicó una mezcla lenta para la adición del polímero durante 20 minutos a una revolución de 20 rpm lo que permite un contacto por turbulencias de las partículas formándose los flóculos, se suspendió la agitación y se dejó reposar los vasos de precipitación durante 10 minutos para finalmente medir la turbidez y determinar el porcentaje de remoción de tensoactivos mediante el análisis de agua.

Tabla 14-3: Tratabilidad con prueba de Jarras.

PRUEBA DE JARRAS							
PORCENTAJE DE REMOCION EN TURBIEDAD							
TURBIEDAD INICIAL 23.5 NTU (pH 8.46), RPM=100							
SULFATO DE ALUMINIO Conc. 4%		Conc Polímero %	Dosis Polímero (ml/L)	Dosis $Al_2(SO_4)_3$ (ml/L)	pH	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
	1	0,1	2,0	4	6,5	15,4	34,46
	2	0,1	2,0	8	6,3	15	36,17
	3	0,1	2,0	12	6	14,3	39,14
	4	0,1	2,0	16	5,7	13,5	42,55
	5	0,1	2,0	20	5,4	12	48,93
SULFATO DE HIERRO Conc. 4%		Conc. Polímero	Dosis Polímero (ml/L)	Dosis $Fe(SO_4)$ (ml/L)	pH	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
	1	0,1	2,0	4	8,2	16,2	31,06

	2	0,1	2,0	8	7,9	15,9	32,34
	3	0,1	2,0	12	7,6	15,3	34,89
	4	0,1	2,0	16	7,3	14,1	40,00
	5	0,1	2,0	20	7	13,9	40,85
POLICLORURO DE ALUMINIO Conc. 4%		Conc Polímero	Dosis Polímero (ml/L)	Dosis Al ₂ (OH) ₃ Cl (ml/L)	pH	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
	1	0,1	2,0	4	8,1	1,35	94,25
	2	0,1	2,0	8	7,9	1,32	94,38
	3	0,1	2,0	12	7,7	1,34	94,29
	4	0,1	2,0	16	7,5	0,99	95,78
	5	0,1	2,0	20	7,3	1,25	94,68

Fuente: (Laboratorio de Calidad de agua- Facultad de Ciencias- ESPOCH)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

El Sulfato de Aluminio presenta baja reducción de sólidos suspendidos, además de bajar considerablemente el pH de la muestra tratada, por lo que se requiere la dosificación de CAL para incrementar la alcalinidad; así mismo el porcentaje de remoción es muy bajo con el Sulfato de Hierro; mientras que a diferencia de estos dos químicos el PAC brinda una alta remoción de sólidos suspendidos, evidenciándolo en la turbiedad de cada una de las muestras tratadas. También se logró un pH dentro de los límites permisibles. Para análisis de tensoactivos se seleccionan las muestras 3,4 y 5 y sus resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15-3: Resultados de análisis de tensoactivos.

TENSOACTIVOS 2.88mg/L pH (8.55)				
Parámetros	Unidades de pH	Muestra tratada 2	Muestra tratada 3	Muestra tratada 4
pH	mg/L	7.9	7.7	7.5
Tensoactivos	mg/L	0,192	0,156	0,09

Fuente: CESTTA SGC, 2017. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

Con todas las dosificaciones se obtiene una disminución de contaminantes, colocando los parámetros analizados dentro de los límites permisibles, la dosificación de 8,0 ml/L de PAC y 2,0 ml/L de polímero presenta una remoción del 93,33%, la de 12,0 ml/L de PAC y 2.0 ml/L de polímero el 94,58% y finalmente la dosis de 16 ml/L de PAC y 2,0 ml/L de polímero un 96.87%, para la aplicación en planta se escoge la dosificación de 8.0 ml/L de PAC y 2.0 ml/L de polímero, debido a que esta tiene un porcentaje de remoción similar al de mayor rendimiento, además del beneficio económico, permitiendo que los gastos en consumo de químicos sean menores y se cumpla con los límites de descarga del efluente.

Resultados de la tratabilidad

Una vez que se ha implementado las dos etapas del tratamiento por medio del proceso biológico y químico para la tratabilidad del efluente que ingresa a la PTAR de TEIMSA, se realiza el análisis de agua, conservando el filtro de zeolita que se posee, los resultados se comparan con los del análisis del agua de ingreso obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 16-3: Caracterización del agua residual, sistema biológico, químico y de filtración.

RESULTADOS ANALISIS FISICO-QUIMICO AGUA RESIDUAL ENTRADA-SALIDA					
PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO ENTRADA	RESULTADO SALIDA	VALOR LIMITE PERMISIBLE	PORCENTAJE DE REMOCIÓN
Potencial Hidrógeno	Unidades de pH	8,55	8,13	6-9	
DQO	mg/L	1783	289	500	83,79%
DBO ₅	mg/L	1100	105	250	90,45%
Solidos suspendidos	mL/L	239,5	62	20	74,11%
Tensoactivos	mg/L	23,47	0,264	2	98,87%
Sulfuros	mg/L	26,95	0,08	1	99,70%

Fuente: CESTTA SGC, 2017. (Centro de servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental)

Realizado por: Diana Veloz. 2017

De acuerdo con los resultados de los análisis de agua se evidencia el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento implementado, puesto que se cumple con los límites permisibles de descarga al sistema de alcantarillado público.

3.2.5. Rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA

Teniendo en cuenta que TEIMSA no tiene planificado incrementar maquinaria o procesos que puedan influir en la capacidad de la planta de tratamiento, se utilizará la estructura física actual. Según la norma INEN 005-9-1 (1992) la vida útil de una planta de tratamiento de agua residual se encuentra en un rango de 15- 30 años. Los directivos de la empresa establecen un periodo de 10 años para la PTAR de TEIMSA, para lo cual se debe cumplir estrictamente las actividades del Plan Maestro de Mantenimiento.

Tabla 17-3: Periodos de vida útil para instalaciones de tratamiento de agua.

Instalación	Vida útil, años
Redes de alcantarillado	20-40
Estructura de bombeo	20-40
Equipos de bombeo	10-25
Estructuras	20-40
Equipos	10-20
Conducciones Hidráulicas	20-40

Fuente:(Metcalf & Eddy, 1995.,p 210)

Realizado por: Diana Veloz

3.2.5.1. Caudal de diseño

Para el rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA se utiliza un caudal de 0,000093 m³/s.

3.2.6. Cálculo de las operaciones a implementarse.

3.2.6.1. Rejillas

El sistema de cribado o rejillas, permiten la retención de sólidos gruesos y medianos de tipo orgánico e inorgánico; se usan rejillas de tipo fino y grueso dependiendo la procedencia del agua que va a ser sujeta a tratamiento, las primeras con una separación de 5mm o menos y las gruesas con una separación de 4 a 8 cm; los materiales más utilizados para su construcción son barras o

varillas de acero, la finalidad de este pretratamiento es evitar que este material llegue a ocasionar obstrucciones en bombas, equipos o tuberías. (Romero, 2002, p. 287)

Las rejillas pueden clasificarse de acuerdo con el modo de limpieza, siendo así:

De limpieza manual. - Al utilizar este tipo de rejillas la longitud de estas no debe exceder los 3 metros para permitir su correcta limpieza. Además, las barras que integran la reja no suelen exceder los 10 mm de anchura por 50 mm de profundidad. En la parte superior de la reja es recomendable colocar una placa perforada para que los objetos extraídos se almacenen temporalmente hasta su drenaje (Metcalf & Eddy, 1995, pp. 508-511).

De limpieza mecánica. - Su objetivo es reducir los problemas de explotación y mantenimiento y aumentar las posibilidades de separación de residuos, tienen inclinaciones de 60 a 90° la activación de limpieza puede ser programada por un sensor de nivel antes de la rejilla. Los diseños actuales incluyen la utilización de materiales resistentes a la corrosión como el acero inoxidable o materiales plásticos.

3.2.6.1.1. *Dimensionamiento del sistema de rejillas.*

- **Velocidad de aproximación**

Es la velocidad a la cual puede resistir una rejilla tomando en cuenta el caudal y el área que la soporta. El canal que transporta el efluente desde la planta de Tintorería y Acabados hacia la planta de tratamiento de agua tiene una longitud de $L=135.85\text{m}$. Se toman 3 datos del tiempo en que tarda en recorrer el efluente por este canal hacia el tanque de homogenización de los cuales se tiene el promedio de 299,8s.

Tabla 18-3: Tiempo en el que recorre el agua por el canal.

Toma	Tiempo (min)
1	312,6
2	325,8
3	261
PROMEDIO	299,8

Realizado por: Diana Veloz. 2017.

$$v_A = \frac{d}{t}$$

ECUACIÓN 2

Donde:

d = Distancia que recorre el agua, 135.85m

t = Tiempo que tarda en recorrer el agua el canal, 299.8 s (*Valor considerado de la Tabla 18-3*)

$$v_A = \frac{135,85m}{299,8s}$$

$$v_A = 0,45 \text{ m/s}$$

- Área libre del paso del agua, A_L .

$$A_L = \frac{Q}{v_{RL}}$$

ECUACIÓN 3

Donde:

Q = Caudal para diseño, 0,00093 m³/s

v_{RL} = Velocidad del agua, 0,45 m/s

$$A_L = \frac{0,00093 \text{ m}^3/\text{s}}{0,45 \text{ m/s}}$$

$$A_L = 0,0021 \text{ m}^2$$

- Altura del tirante en el canal, h_{tc} :

El ancho del canal que transporta el efluente es de 0,61 m y el diámetro de la tubería de salida hacia el tanque de homogenización es de 0.40 m.

$$h_{tc} = \frac{A_{libre}}{B_c}$$

ECUACIÓN 4

Donde:

A_{libre} : Área libre del paso de agua; 0,0021 m²

B_c : Ancho del canal (m); 0,61 m

$$h_{tc} = \frac{0,0021m^2}{0,61m}$$

$$h_{tc} = 0,0034 m$$

- **Altura del tirante de construcción, h_c :**

La altura del canal que transporta el efluente hacia el tanque de homogenización es de $h_c = 0,61m$.

Tabla 19-3: Parámetros utilizados en el diseño de rejillas.

Parámetro	Recomendado
Forma de barra	Rectangular
Ancho de barra	5-15 mm
Espesor de barra	25-40 mm
Separación entre barras	25-50 mm
Inclinación con la vertical	45-60 grados
Velocidad de aproximación	0,45 m/s
Tiempo de retención del canal de aproximación	>3s
Velocidad a través de las barras	< 0,6m/s para caudal promedio y < 0,9 m/s para caudal máximo
Perdida de carga	150mm

Fuente: Adaptado de Reynolds

Realizado por: Diana Veloz 2017

- Longitud de las barras, L_{barras} :

$$L_{barras} = \frac{h_a}{\text{Sen } \phi}$$

ECUACIÓN 5

Donde:

h_a : Altura del tirante (m); 0.61m

ϕ : Ángulo (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 19-3)

$$L_{barras} = \frac{0,61 \text{ m}}{\text{Sen } 60}$$

$$L_{barras} = 0.70\text{m}$$

- Número de barras, N_b :

Tomamos los datos de la Tabla 19-3 para espesor y separación entre barras y los reemplazamos en la ecuación 6 para calcular el número de barras.

$$N_b = \frac{b}{e + S}$$

ECUACIÓN 6

Dónde:

b : Ancho del canal (m); 0.61 m

e : Espesor de las barras(m);0.010 m (Valor considerado de la Tabla 19-3)

S : Separación entre las barras (m); 0,025 m (Valor considerado de la Tabla 19-3)

$$N = \frac{0,61}{0,010 + 0,025}$$

$$N = 17,42 \cong 17 \text{ barras}$$

- **Perdida de carga en barras (h_p):**

Tabla 20-3: Coeficiente de pérdida para rejillas.

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2,48	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: (RAS, 2000)

Realizado por: Diana Veloz, 2017.

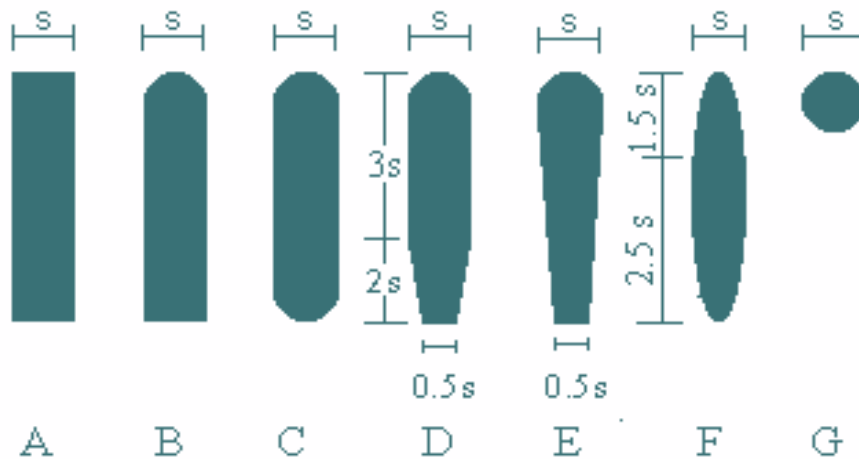


Ilustración 5-3: Diferentes formas de rejillas.

Fuente: RAS, 2000

El exceso de sólidos retenidos genera las denominadas pérdidas de carga debido a la saturación de rejillas o cribas, según lo indicado en la Tabla 19-3 estas pérdidas no deben ser mayores a 0,15m. el cálculo se lo realizó de acuerdo a la siguiente expresión:

$$h_p = \beta \left(\frac{t}{a} \right)^{4/3} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{Sen } \alpha$$

ECUACIÓN 7

Donde:

β : Factor dependiente de la forma de barras(adimensional); 1.83 (Valor considerado de la Tabla 20-3)

t : Espesor de las barras (m); 0,010m (Valor considerado de la Tabla 19-3))

a: Separación entre las barras (m); 0,025 m (Valor considerado de la Tabla 19-3)

v: Velocidad de flujo (m/s); 0,45 m/s

g: Gravedad (m/s²) = 9,8 m/s²

α: Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60° (Valor considerado de la Tabla 19-3)

$$h_p = 2,48 \left(\frac{0,010m}{0,025m} \right)^{4/3} * \frac{(0,45m/s)^2}{2(9,8m/s^2)} * \text{sen } 60$$

$$h_p = 0.006m < 0,15 m \text{ admisibles}$$

3.2.6.2. Proceso biológico

3.2.6.2.1. Cálculos del tanque biológico.

- **Volumen del tanque biológico, V_{TK-2}**

El tanque biológico es un tanque rectangular de 6,25 m de ancho, 7,50 m de largo, y 4,50 m de altura. En este tanque llamado TK-2 se encuentran las bacterias, este cuenta con un sistema de difusores que provee oxígeno para mantenerlas vivas, mientras estas se alimentan de la carga contaminante, por lo que es necesario conocer el tiempo de retención del agua en el tanque.

$$V_{TK-2} = a_{TK-2} * l_{TK-2} * h_{TK-2}$$

ECUACIÓN 8

Donde:

V_{TK-2} = Volumen del tanque biológico (m³)

a_{TK-2} = ancho del tanque biológico (m); 6,25m

l_{TK-2} = largo del tanque biológico (m); 7,50m

h_{TK-2} = altura del tanque biológico (m); 4,50m

$$V_{TK-2} = 6.25m * 7.50m * 4.50m$$

$$V_{TK-2} = 210.93m^3$$

- **Tiempo de retención**

$$Tr = \frac{h_{TK-2}}{Va}$$

ECUACIÓN 9

Donde:

h_{TK-2} = Altura del tanque biológico.

Va = Velocidad de ascensión del agua

- **Velocidad de ascensión del agua**

$$Va = \frac{Q}{A_{TK-2}}$$

ECUACIÓN 10

Donde:

Q = Caudal de diseño

A_{TK-2} = Área del tanque biológico, 46,82 m²

$$Va = \frac{3.33 \text{ m}^3/h}{46,87 \text{ m}^2}$$

$$Va = 0.071 \text{ m/h}$$

Con una velocidad de ascensión del agua de 0.071 m/h se tiene que el tiempo de retención de esta en el tanque biológico es de:

$$Tr = \frac{4.5 \text{ m}}{0.071 \text{ m/h}}$$

$$Tr = 63,38 \text{ horas}$$

3.2.6.2.2. *Cálculo de la cantidad de nutrientes (fósforo y nitrógeno.)*

Teniendo en cuenta que la relación DBO₅: N: P debe estar entre 100:20:1 y 100:5:1; tomando los valores de la Tabla 11-3; tenemos para un DBO₅ de 1590 mg/L:

- **Cantidad de Nitrógeno**

$$N = \frac{20 * DBO_5}{100}$$

ECUACIÓN 11

$$N = \frac{20 * 1590 \text{ mg/L}}{100}$$

$$N = 318 \text{ mg/L}$$

$$N = \frac{5 * DBO_5}{100}$$

ECUACIÓN 12

$$N = \frac{5 * 1590 \text{ mg/L}}{100}$$

$$N = 79,5 \text{ mg/L}$$

Por tanto y en base a la relación antes establecida, la cantidad de nitrógeno del tanque biológico debe encontrarse entre los valores de 318 *mg/L* y 79,5 *mg/L*, se posee 141,73 *mg/L*.

- **Cantidad de Fósforo**

$$P = \frac{1 * DBO_5}{100}$$

ECUACIÓN 13

$$P = \frac{1 * 1590 \text{ mg/L}}{100}$$

$$P = 15,9 \text{ mg/L}$$

Se requiere la presencia de 15,9 *mg/L* de fósforo para el correcto funcionamiento del sistema biológico, se cuenta con 9,5 *mg/L*; teniendo un déficit de 6,4 *mg/L*.

$$\frac{6,4\text{mg}}{\text{L}} * \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} * \frac{1\text{g}}{1000\text{mg}} * \frac{1\text{Kg}}{1000\text{g}} * \frac{80\text{m}^3}{\text{día}} = 0,512 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

Para compensar la deficiencia de $0,512 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$ P se dosifica ácido fosfórico al 85% en el cual existe una concentración de P del 31.6 %.

$$\text{Cant. } H_3PO_4 = \frac{\%P * \text{Cant. } P}{\% H_3PO_4}$$

ECUACIÓN 14

$$\text{Cant. } H_3PO_4 = \frac{\%31,6 * 0,512 \text{ Kg/día}}{\% 85}$$

$$\text{Cant. } H_3PO_4 = 1,91 \text{ Kg/día}$$

3.2.6.3. *Proceso Químico.*

3.2.6.3.1. *Cálculos del tanque de floculación*

- **Volumen del tanque de floculación, V_{TK-5} .**

Este tanque utilizado anteriormente para la electrocoagulación, que permite la homogenización del agua mediante la inyección de aire, es aprovechado para la mezcla de PAC el cual se adiciona mediante una bomba dosificadora dependiendo el caudal a tratar. Las medidas de este tanque rectangular son 0,34m de ancho, 1,35m de largo, y 0,64m de altura.

$$V_{TK-5} = a_{TK-5} * l_{TK-5} * h_{TK-5}$$

ECUACIÓN 15

Donde:

a_{TK-5} = ancho tanque de floculación (m); 0,34m

l_{TK-5} = largo tanque de floculación (m); 1,35mm

h_{TK-5} = altura tanque de floculación (m); 0,64m

$$V_{TK-5} = 0,34 * 1,35 * 0,64$$

$$V_{TK-5} = 0,29\text{m}^3 \approx 290\text{l}$$

3.2.6.3.2. Cálculo para la dosificación de productos químicos

Tabla 21-3: Dosificación óptima de PAC al 4% y auxiliar de coagulación al 0,1 % (P/V).

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Dosis PAC	mg/L	8
Dosis auxiliar	mg/L	2
Turbidez Inicial	UNT	23,5
Turbidez Final	UNT	1,32
pH Inicial	-	8,46
pH Final	-	7,9
% de Eficiencia	%	94,38

Realizado por: Diana Veloz. 2017

Para la tratabilidad del agua residual la dosificación de PAC se realiza mediante vía húmeda, en el test de jarras se utiliza una concentración de 4mg/l, para un caudal de diseño de 80000L/día, llegando a obtener 1.32 NTU de turbiedad final.

- Dosificación del Policloruro de Aluminio, D_{PAC}

$$D_{PAC} = \frac{V_S * D_{PAC}}{V_P}$$

ECUACIÓN 16

Donde:

V_S =Volumen de la solución (ml); 8ml.

D_{PAC} =Dosis de PAC en el test de jarras (g); 40g

V_P =Volumen recipiente utilizado en el test de jarras (mL); 1000mL

$$D_{PAC} = \frac{8ml * 40g}{1000ml}$$

$$D_{PAC} = 0,32 \text{ g/L}$$

- Cantidad de Policloruro de Aluminio, $Cant_{PAC}$

$$Cant_{PAC} = Q * D_{PAC}$$

ECUACIÓN 17

Donde:

Q = Caudal de diseño

D_{PAC} = Dosificación de Policloruro de Aluminio

$$Cant_{PAC} = \frac{80000L}{dia} * \frac{0,32g}{L} * \frac{1Kg}{1000g}$$

$$C_{antPAC} = 25,6 \text{ kg}/dia$$

- Costo de dosificación del Policloruro de Aluminio, $Costo_{PAC}$

Cada kilo de policloruro de Aluminio tiene un costo de 1.10 \$.

$$Costo_{PAC} = Cant_{PAC} * P_{PAC}$$

ECUACIÓN 18

$$Costo_{PAC} = \frac{25,6Kg}{dia} * 1,10\$$$

$$Costo_{PAC} = 28,16\$/dia$$

$$Costo_{PAC} = 563,2 \$/mes$$

- Dosificación del auxiliar de coagulación, D_{AUX}

$$D_{AUX} = \frac{V_S * D_{AUX}}{V_P}$$

ECUACIÓN 19

Datos:

V_S : Volumen de la solución (ml); 2ml.

D_{AUX} : Dosis de auxiliar de coagulación en la prueba de jarras (g); 1g

V_P : Volumen recipiente utilizado en el test de jarras (mL); 1000mL

$$D_{AUX} = \frac{2ml * 1g}{1000ml}$$

$$D_{AUX} = 0,002g/L$$

- **Cantidad de auxiliar de coagulación, $Cant_{AUX}$**

$$Cant_{AUX} = Q * D_{AUX}$$

ECUACIÓN 20

Donde:

Q = Caudal de diseño

D_{AUX} = Dosificación de auxiliar de coagulación.

$$Cant_{AUX} = \frac{80000L}{dia} * \frac{0,002g}{L} * \frac{1Kg}{1000g}$$

$$Cant_{AUX} = 0,16kg/dia$$

- **Costo de dosificación del auxiliar de coagulación.**

Cada kilo de polímero aniónico CHEMFLOC 932 tiene un costo de 6,93 \$.

$$Costo_{AUX} = Cant_{AUX} * P_{AUX}$$

$$Costo_{AUX} = \frac{0,16 Kg}{dia} * 6,93 \$$$

$$Costo_{AUX} = 1,11\$/dia$$

$$Costo_{AUX} = 22,20 \$/mes$$

3.2.6.4. Resultados

a) Caudal de diseño

Tabla 22-3: Determinación del caudal de diseño

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal semanal	Q	m ³ /semana	401,96
Caudal diario	Q	m ³ /día	80,39

Realizado por: Diana Veloz 2017

b) Diseño de rejillas

Tabla 23-3: Dimensionamiento del Sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad de aproximación	v_A	0,45	m ³ /s
Área libre del paso del agua	A_L	0,0021	m ²
Altura del tirante en el canal	h_{tc}	0,0034	m
Ancho del canal	B_c	0,61	m
Altura del tirante de construcción	h_c	0,61	m
Ángulo de inclinación	ϕ	°	60
Espesor de las barras	e	0,010	m
Separación entre barras	S	0,025	m
Número de barras	N_b	17	barras
Longitud de las barras	L_{barras}	0.70	m
Pérdida de carga en las barras	h_p	0.006	m

Realizado por: Diana Veloz 2017

c) Tratamiento biológico

Tabla 24-3: Volumen del tanque biológico y dosificación de nutrientes.

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen del tanque biológico	V_{TK-2}	210.93	m^3
Tiempo de retención	Tr	63,38	horas
Velocidad de ascensión	Va	0.071	m/h
Dosificación de nutrientes			
Dosificación de Fósforo	D_F	1,91	$Kg/día$
Dosificación de Nitrógeno	D_N	-	$Kg/día$

Realizado por: Diana Veloz 2017

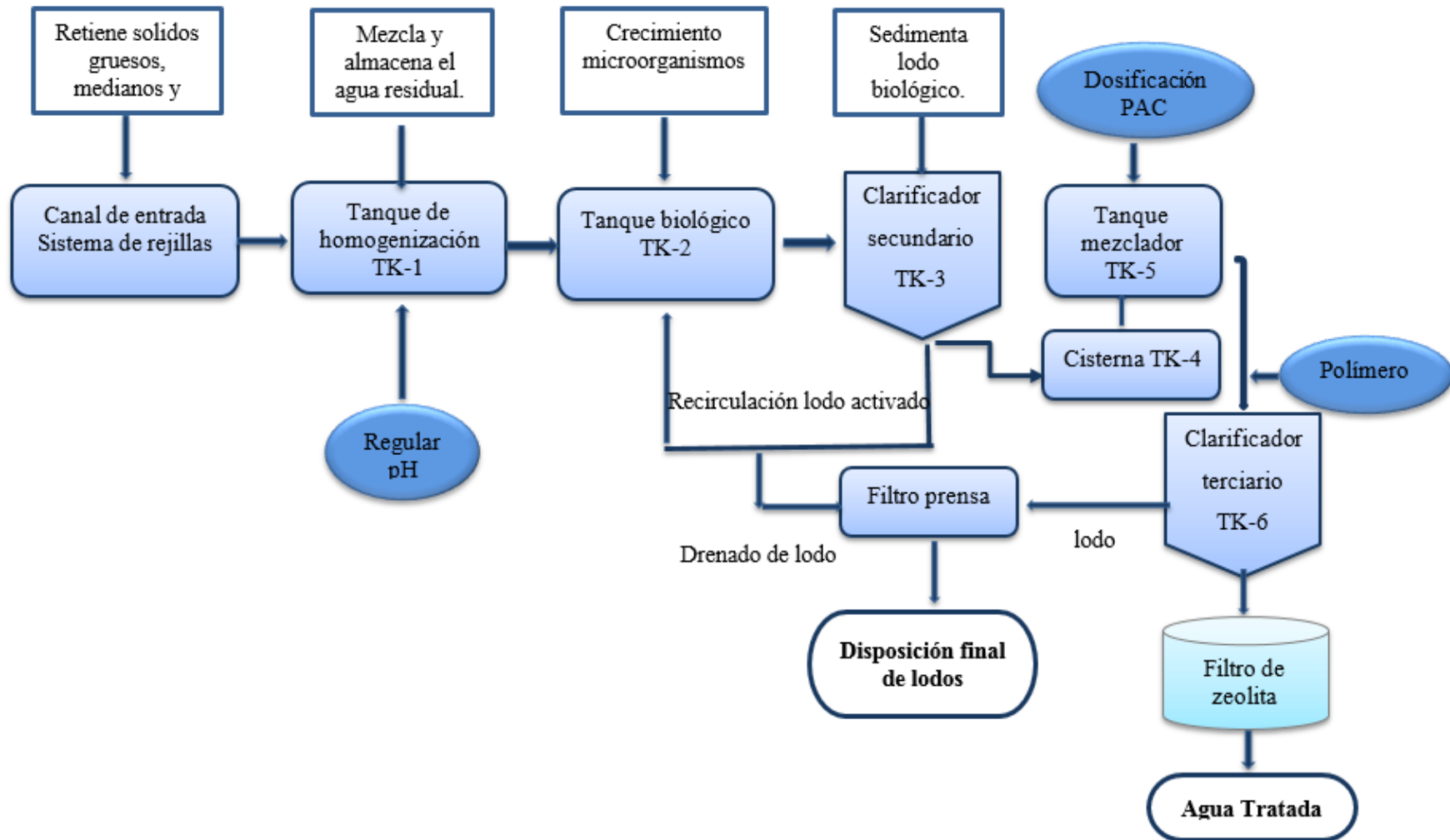
d) Tratamiento químico

Tabla 25-3: Volumen del tanque de floculación y dosificación de coagulante-floculante

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen del tanque de floculación.	V_{TK-5}	0.29	m^3
Cantidad de coagulante-floculante			
Cantidad de Policloruro de Aluminio.	C_{PAC}	25,6	$Kg/día$
Cantidad de Auxiliar de coagulación.	C_{AUX}	0,16	$Kg/día$

Realizado por: Diana Veloz 2017

3.3. Proceso de producción



3.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.

3.4.1. Equipos y métodos para muestreo y determinación del caudal de aguas residuales.

Tabla 26-3: Materiales de muestreo y recolección de información.

Fundamento	Materiales	Procedimiento
NTE INEN 2169:98, Norma Técnica Ecuatoriana Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	-Frascos de vidrio -Toma muestras -Frascos estériles debidamente etiquetados con la fecha y hora de muestreo.	Recolección de una muestra de agua homogenizada, la muestra se toma un viernes abarcando el agua proveniente de los diferentes procesos de tintura.

Realizado por. Diana Veloz. 2017

Los materiales y equipos utilizados en la determinación del caudal se detallan a continuación:

Tabla 27-3: Materiales y equipos para medición de caudal.

Materiales	Equipos
Balde graduado de 10lt Esferográfico Cuaderno Mandil Guantes	Cronómetro Cámara fotográfica

Realizado por. Diana Veloz. 2017

3.4.2. Requerimiento de equipos y métodos para la tratabilidad de las aguas residuales.

Tabla 28-3: Materiales, Equipos y Reactivos para pruebas en laboratorio

Materiales	Equipos	Reactivos
Vasos de precipitación	Balanza analítica	Agua destilada
Balones de aforación	Cronómetro	Policloruro de Aluminio
Probeta	Test de jarras	Auxiliar de la coagulación
Pipeta	pH - metro	
Espátulas	Turbidímetro	
Guantes		

Jeringuillas		
Piseta		
Paños para limpieza		
Mandil		
Mascarillas		
Escobilla de cerdas		

Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua – CIENCIAS- ESPOCH

Realizado por: Diana Veloz 2017

3.4.3. *Requerimientos de materiales e instrumentos para control de proceso biológico.*

Tabla 29-3: Materiales y equipos para control de proceso.

Materiales	Equipos
- Cono Imhoff 1000ml	-Medidor de pH
-Vaso de precipitación de 1000 ml	-Medidor de Oxígeno disuelto

Realizado por: Diana Veloz 2017

3.5. Análisis de costo/beneficio del proyecto

3.5.1. Costo de implementación de nuevos procesos

DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DEL REDISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE TEIMSA.

Rubros	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario \$	Costo total \$
REJILLAS					
1	Rejilla lisa de acero	u	2	20,00	40,00
2	Adecuación del canal	m2	2,5	8,10	20,25
3	Replanteo y nivelación	m2	1,2	30,00	36,00
				Subtotal	96,25
DERIVACIÓN AGUA LLUVIA NAVE TINTORERÍA Y ACABADOS HACIA ALCANTARILLADO PÚBLICO					
4	Replanteo y nivelación	m2	4,5	7,00	31,50
5	Tubo PVC 4 pulg.	m	7	8,20	57,40

6	Codo de PVC 90 grados de 4 pulg.	u	2	1,96	3,92
7	Excavación manual	m3	7	10,00	70,00
8	Hormigón simple f'c=210 kg/cm2	m3	0,4	120,00	48,00
				Subtotal	210,82
TRATAMIENTO BIOLÓGICO					
9	Enzimas etapa de arranque	Kg	25	50,00	1250,00
	Enzimas etapa de mantenimiento	Kg	20	50,00	1000,00
				Subtotal	2250,00
FILTRO DE ZEOLITA					
10	Volqueta piedra	u	1	100,00	100,00
11	Zeolita	Kg	1000	0,26	260,00
				Subtotal	360,00
TRATAMIENTO QUÍMICO					
12	Bomba dosificadora 4l/h	u	1	480,00	480,00
13	Bomba dosificadora 17l/h	u	1	820,00	820,00
14	Bomba dosificadora 18l/h	u	1	840,00	840,00
				Subtotal	2140,00
MANTENIMIENTO					
15	Par de botas	par	10	8,00	80,00
16	Mascarillas	u	10	0,15	1,50
17	Guantes de lavar	par	10	1,10	11,00
18	Impermeables	u	10	5,00	50,00
19	Mano de obra	u	10	25,00	250,00
20	Tanquero de agua	u	1	80,00	80,00
21	Alquiler motobomba	h	8	20,00	160,00
				Subtotal	632,50
				TOTAL	5689,57
SON: CINCO MIL SEISCIENTOS OCHENTA Y NUEVE 57/100 USD					

3.5.2. Determinación de los costos del Sistema de Tratamiento de aguas residuales.

Detalle	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo unitario \$	Costo día \$	Costo mes \$
Tratamiento biológico					
Ácido fórmico	0,83	35,00	1,00	0,83	24,90
Ácido fosfórico	2,20	35,00	1,25	2,75	82,50
			Subtotal	3,58	107,40
Tratamiento Químico					
Detalle	Dosificación Kg/día	Presentación Kg	Costo unitario \$	Costo día \$	Costo mes \$
Policloruro de aluminio	25,60	25,00	1,10	28,16	563,20
Auxiliar de coagulación	0,16	1,00	6,93	1,11	22,18
			Subtotal	29,27	585,38
Consumo energía eléctrica					
Detalle	Consumo Kv/día	Unidad	Costo unitario \$	Costo día \$	Costo mes \$
Kilovatios	269,16	Kv	0,11	29,61	888,23
Mano de obra			Subtotal	29,60	888,22
Detalle	Consumo h/día	Unidad	Costo unitario \$	Costo día \$	Costo mes \$
Persona	8,00	1,00	1,97	15,76	472,80
			Subtotal	15,76	472,80
TOTAL				78,21	2053,80

3.6. Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Diagnóstico del estado actual de la PTAR	■	■	■																									
Caracterización del agua residual			■	■	■	■																						
Análisis de resultados							■	■																				
Proponer el sistema de tratamiento de aguas residuales									■	■	■																	
Pruebas de tratabilidad										■	■	■	■															
Análisis de resultados													■	■														
Efectuar los cálculos de ingeniería														■	■													
Determinar la factibilidad del proyecto															■	■	■											
Validación del sistema de tratamiento de aguas residuales																■	■	■										
Elaboración de borradores																	■	■										
Correcciones y redacción del trabajo final																			■	■								
Auditoría académica																					■	■						
Defensa del trabajo																										■		
Empastado del trabajo final																												■

3.7. Conclusiones

- Se rediseño el sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa TEIMSA a través de la caracterización físico-química del agua residual, tratando adecuadamente los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles hasta su cumplimiento con la normativa.
- La Planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA no se encontraba en condiciones óptimas de funcionamiento, lo cual hacía que el efluente tratado sea vertido al sistema de alcantarillado público con concentraciones elevadas de contaminantes incumpliendo la normativa.
- La caracterización físico- química del agua residual de la empresa TEIMSA en base a lo indicado por el acuerdo ministerial 097-A, sustitutivo del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I, TABLA 8 Limites de descarga al sistema de alcantarillado público; permitió determinar que los parámetros que se encuentran fuera de norma son: DQO, DBO₅, Tensoactivos, solidos suspendidos y sulfuros.
- Se efectuaron pruebas de tratabilidad mediante dos procesos: biológico y químico, en el primer caso se aplicó un sistema de lodos activados y posteriormente el proceso de coagulación-Floculación con productos químicos.
- Se realizaron los cálculos de ingeniería para diseñar un sistema de rejillas, calcular el tiempo de retención del agua en el tanque biológico, la cantidad de nutrientes que se debe adicionar diariamente para el óptimo desarrollo de los microorganismos, el volumen del tanque de floculación y la cantidad de productos químicos a dosificar.
- El rediseño propuesto resulta factible debido a que se cuenta con la infraestructura necesaria para implementarlo; siendo el costo estimado para ejecución del proyecto de 5689,57 dólares que incluye repotenciación del sistema biológico, adecuaciones necesarias para retención de sólidos y tratamiento químico.
- El rediseño aplicado fue validado con la caracterización final de aguas residuales (Tabla 16-3) en la que se muestra el cumplimiento total de los límites permisibles, en la

actualidad el tratamiento se encuentra implementado en la Planta de tratamiento de aguas residuales de TEIMSA.

3.8. Recomendaciones

- Mantener el sistema de tratamiento de aguas implementado para cumplimiento de la normativa y evitar verter efluentes contaminados al sistema de alcantarillado público.
- Se recomienda realizar la ampliación del tanque de homogenización y almacenamiento, con el fin de acumular agua para días de vacaciones, feriados y fines de semana en los que no existe generación de efluente; ya que un óptimo desarrollo microbiano requiere de una alimentación continua.
- Las soluciones de Policloruro de Aluminio y Polímero deben realizarse el día que van a ser utilizadas, para evitar su almacenamiento y por lo tanto pérdida de propiedades.
- Conservar la periodicidad trimestral en la que se realizan los análisis físico- químicos de agua a la entrada y salida de la PTAR para verificar la eficiencia del tratamiento y tomar acciones según en caso de ser necesario.
- Los lodos generados en el clarificador secundario deben ser evacuados hacia el filtro prensa pasando un día, para evitar que estos se acumulen y empiecen a levantarse, generando sobrenadante. Además, es recomendable realizar la deshidratación de estos lodos antes de ser enviados al gestor ambiental, esto permitiría reducir aproximadamente un 70% de su peso y costo de tratamiento.
- Adquirir equipos que permitan realizar análisis de aguas en TEIMSA, esto permitirá realizar una mejor dosificación de químicos de acuerdo con las concentraciones de los parámetros contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

CISTERNA, O, Pedro & PEÑA, Daisy. *Determinación de la relación de DBO/DQO en aguas residuales de comunas con poblaciones menores a 25000 habitantes en la VIII región.* [en línea]. Universidad Tec. Fed. Sta. María & Essbio S.A [Consulta: 20 octubre 2015]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>

CRITES, Ron & TCHOBANOIOUS, George. *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.* Santa Fé de Bogotá : McGraw-Hill, 2000, p. 399.

FERRER, José & SECO, Aurora. *Tratamientos biológicos de aguas residuales.* México: Alfaomega Grupo editor, 2008, p 53.

GAD Parroquia Santa. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Santa Rosa.* 2015, pp. 19-22.

GALVÍN, Rafael. *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas.* España: Díaz de Santos, 2012, p 8.

INEN. *Infoeconomía* [En línea]. Ecuador, 2012, p. 3. [Consulta: 20 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info6.pdf>

Instituto de Toxicología de la Defensa, *Protocolo de toma de muestras de agua industrial.* [En línea] 2016, p. 2. [Consulta 12 noviembre 2017].disponible en: http://www.defensa.gob.es/itoxdef/Galerias/documentacion/protocolos/ficheros/PROTOCOLO_DE_TOMA_DE_MUESTRAS_DE_AGUA_RESIDUAL_ver_2.pdf

METCALF & EDDY. *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización..* 3ª ed. Madrid-España: McGraw-Hill, 1995, pp. 508-511.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, registro oficial suplemento. 2004, p.2.*

NTE INEN 2 169:98. *Agua calidad del agua. muestreo. Manejo y conservación de muestras.*

ROMERO, J. *Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño.* 2ª ed. Bogota-Colombia, 2002, p. 287.

RUSELL, David. *Tratamiento de aguas residuales: un enfoque practico.* Barcelona-España: Reverté, S.A, 2012, p. 90.

TULSMA. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo I*

SENPLADES. *Proyecciones referenciales de población a nivel cantonal-parroquial. Ecuador,* 2017. [En línea] [Consulta: 12 de septiembre del 2017]. disponible en: <http://sni.gob.ec/proyecciones-y-estudios-demograficos>

TUNGURAHUA. *Gestión Actual de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del río Ambato desde los Actores.* 2015. [En línea] [Consulta: 12 de agosto del 2017]. Disponible en: <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/56cc9a4283ba88c90ac8c289>

VALENCIA, A.. *Manual Piraguero-Medición del Caudal.* Medellin-Colombia. 2014, p. 5.

ANEXOS

Anexo A: Caracterización del agua residual de entrada abril y junio del 2016.

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</p> <p>Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>			
<p>INFORME DE ENSAYO No: 479</p> <p>ST: 302-16 ANÁLISIS DE AGUAS</p> <p>Nombre Peticionario: TEIMSA</p> <p>Atm: Diana Veloz</p> <p>Dirección: Parroquia Santa Rosa Km 7 ½ vía a Guaranda Ambato - Tungurahua</p>					
<p>FECHA: 21 de Abril del 2016</p> <p>NUMERO DE MUESTRAS: 1</p> <p>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/04/08 - 16:15</p> <p>FECHA DE MUESTREO: 2016/04/08 - 14:00</p> <p>FECHA DE ANÁLISIS: 2016/04/08 - 2016/04/21</p> <p>TIPO DE MUESTRA: Agua Residual</p> <p>CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 394-16</p> <p>CÓDIGO DE LA EMPRESA: TEIMSA E</p> <p>PUNTO DE MUESTREO: Efuyente de entrada TEIMSA</p> <p>ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico</p> <p>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Diana Veloz</p> <p>CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C</p> <p>RESULTADOS ANALÍTICOS:</p>					
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	7,30	± 0,2	6-9
Sólidos Suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	244	±11%	220,0
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/36 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	2,5	-	20,0
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	2056	±6%	500,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1600	±15%	250,0
Mercurio	EPA245.7/EPA 3015	mg/L	0,00010	-	0,01
Tensoactivos *	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	2,95	±7%	2,0
Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C	mg/L	>0,2	±7%	0,2
Color	PEE/LABCESTTA/61 Standard Methods No. 2120 - C	PtCo	456,04	±4%	-
Cloro Libre Residual	PEE/LABCESTTA/12 Standard Methods No. 4500-Cl G	mg/L	<0,1	±27%	-
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/ 19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	>9,9	±5%	1,0

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados

Página 1 de 2
Edición 5



**TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

**Panamericana Sur Km. 1 %, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183**



**Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano**

**Acreditación N° OAE LE 20 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	147	±8%	-
Níquel	PEE/LABCESTTA/31 Standard Methods No. 3030B, 3111 B	mg/l.	<0,4	±29%	2,0
Cadmio	PEE/LABCESTTA/22 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/l.	<0,04	±22%	0,02
Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111- B	mg/l.	2,22	±7%	25,0
Plomo	PEE/LABCESTTA/ 29 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/l.	<0,3	±27%	0,5
Zinc	PEE/LABCESTTA/68 Standard Methods No. 3500-Zn B/3030- E3111-B	mg/l.	0,30	±21%	10,0

OBSERVACIONES:

- Muestra recibida en el laboratorio.
- Envase no adecuado para análisis microbiológico.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma; Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce. Libro VI. Anexo 1. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
E INSPECCIÓN
LAB - CESTTA
ESPOCH**



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN (LABCESTTA)**

**Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (05) 3013183**



**Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano**

**Acreditación N° OAE LE 2C 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS**

INFORME DE ENSAYO No: 787
ST: 477- 16 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: TEIMSA
Atn: Diana Veloz
Dirección: Parroquia Santa Rosa Km 7 ½ vía a Guaranda
Ambato - Tungurahua

FECHA: 11 de Julio del 2016
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2016/06/30 – 08:00
FECHA DE MUESTREO: 2016/06/29 – 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2016/06/30 – 2016/07/11
TIPO DE MUESTRA: Consumo
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 744-16
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Entrada
PUNTO DE MUESTREO: Entrada TEIMSA
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Diana Veloz
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	1510	±5%	500,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (Sólidos)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	600	±15%	250,0
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	>44	±7%	2,0
Sulfuros	PEE/CESTTA/ 19 Standard Methods No 4500-S ² C y D	mg/L	3,67	±5%	1,0

OBSERVACIONES:



- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido indicado en la Tabla 8 del Tulsma: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Libro VI, Anexo I, Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



Anexo B: Caracterización del agua residual de salida, tratamiento biológico repotenciado.

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 20 08-008 LABORATORIO DE ENSAYOS			
INFORME DE ENSAYO No: 95 ST: 26-17 ANÁLISIS DE AGUAS Nombre Peticionario: TEIMSA Atm: Diana Veloz Dirección: Parroquia Santa Rosa Km 7 ½ vía a Guaranda Ambato - Tungurahua					
FECHA: 09 de Febrero del 2017 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2017/01/30 - 17:00 FECHA DE MUESTREO: 2017/01/30 - 12:08 FECHA DE ANÁLISIS: 2017/01/30 - 2017/02/09 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual CÓDIGO CESTTA: LAB-A 46-17 CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1 PUNTO DE MUESTREO: Descarga 17M 761138/9859091 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Luis Albán CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C					
RESULTADOS ANALÍTICOS:					
PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	9,35	±0,2	6-9
Gasas y Aceites	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	±30%	70,0
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	156	±10%	500,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	60	±23%	250,0
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	0,1	-	20,0
Sólidos Suspendedos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	<50	±20%	220,0
Cromo Hexavalente	PEE/CESTTA 32 Standard Methods No. 3500 -Cr B	mg/L	0,021	±22%	0,5
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	2,22	±7%	2,0
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	454,65	±4%	-
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.					Página 1 de 2 Edición 0



CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL

DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO

Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Telefax: (03) 3013183



Acreditación N° OAE LE 20 06-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No. 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	>200	±8%	400,0
Sulfuros	PEE/CESTTA/19 Standard Methods, Ed. 22, 2012 - 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,04	±18%	1,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	28,9	±8%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	<0,001	±29%	0,01
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,004	±20%	0,02
Cobre	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±18%	1,0
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±25%	2,0
Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±18%	0,5
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,25	±11%	10,0
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	4,12	±16%	25,0

OBSERVACIONES:



- Muestra transportada en refrigeración.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido en la Tabla 8 del Tulsma: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Libro VI. Anexo I. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



Anexo C: Caracterización del agua residual de salida, rediseño implementado.

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE LE 2C 06-008 LABORATORIO DE ENSAYOS			
INFORME DE ENSAYO No: A-236-17 ST: 117-17 ANÁLISIS DE AGUAS Nombre Peticionario: TEIMSA Atn: Diana Veloz Dirección: Parroquia Santa Rosa Km 7 ½ vía a Guaranda Ambato - Tungurahua					
FECHA: 12 de Abril del 2017 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2017/03/31 - 16:53 FECHA DE MUESTREO: 2017/03/31 - 13:50 FECHA DE ANÁLISIS: 2017/03/31 - 2017/04/12 TIPO DE MUESTRA: Agua Residual CÓDIGO CESTTA: LAB-A 236-17 CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-2 PUNTO DE MUESTREO: Salida de la planta de tratamiento 17M 9858962/761108 ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ghinson Guevara CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C					
RESULTADOS ANALÍTICOS:					
PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
Potencial Hidrógeno	PEE/CESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	8,13	±0,2	6-9
Demanda Química de Oxígeno	PEE/CESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	289	±8%	500,0
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/CESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	105	±15%	250,0
Sólidos Suspendidos	PEE/CESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	62	±20%	220,0
*Sólidos Sedimentables	PEE/CESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	mL/L	0,5	-	20,0
Cromo Hexavalente	PEE/CESTTA 32 Standard Methods No 3500 -Cr B	mg/L	0,02	±22%	0,5
Tensoactivos	PEE/CESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,264	±7%	2,0
Color	PEE/CESTTA/61 Standard Methods Ed. 22.2012 2120 C	Pt/Co	>500	±4%	-
Sulfatos	PEE/CESTTA/18 Standard Methods No 4500- SO ₄ ²⁻ E	mg/L	140	±8%	400,0
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados están indicados sólo entre corchetes por los cálculos realizados.			Página 1 de 2		



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO :
SERVICIOS DE LABORATORIO**

Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias)
RIOBAMBA - ECUADOR
Teléfono: (03) 3013183



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° UAE LE 2C 08-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

Sulfuros	PEE/CESTTA/19 Standard Methods, Ed. 22. 2012 4500-S ² CyD	mg/L	0,08	±14%	1,0
Turbidez	PEE/CESTTA/43 EPA 180.1	UNT	76,2	±8%	-
*Mercurio	PEE/CESTTA/34 EPA 3015A- EPA245.1- EPA 7470A	mg/L	<0,001	±29%	0,01
Cadmio	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/l	<0,004	±20%	0,02
Níquel	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,05	±25%	2,0
Plomo	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,01	±18%	0,5
Zinc	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	<0,25	±11%	10,0
Hierro	PEE/CESTTA/174 EPA 200.7 ICP-AES Rev 4.4 1994	mg/L	8,00	±16%	25,0
Grasas y Aceites	PEE/CESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	2	±30%	70,0
*Caudal	Volumétrico	L/s	2,6	-	-
Temperatura	PEE/CESTTA/04 Standard Method No 2550 B	°C	20,0	±3%	<40,0

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de acreditación del SAE.
- La columna marcada con (■) corresponde al Límite máximo permitido en la Tabla 8 del Tulsma; Límites de descarga al sistema de alcantarillado público. Libro VI, Anexo I. Solicitado por el cliente.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Anexo D: Plan maestro de mantenimiento de la PTAR de TEIMSA.

TEIMSA				DOCUMENTO DE REFERENCIA				CODIGO									
				PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA				PTAR-DREF-002									
AREA	SECCION	CODIGO EQUIPO	NOMBRE DEL EQUIPO	COMPONENTE	TAREA	SEMANAL	MESESUAL	BIMESTRAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL	BIENAL	RESPONSABLE				
PLANTA DE TRATAMIENTO	TRATAMIENTO DE AGUA	PT-TK-01	TANQUE HOMOGENIZADOR	TANQUE TK-1	Limpieza general				X								
				TANQUE TK-1	Inspeccion de grietas o filtraciones				X					MPT			
				BOMBAS DE SUCCION	Revisión general y limpieza		X								MPT		
				TUBERIA TIPO FLAUTA	Limpieza y ajustes mecanicos						X					MPT	
		PT-TK-02	TANQUE BIOLÓGICO	TANQUE TK-2	Limpieza general						X				MPT		
					Inspeccion de grietas o filtraciones						X						
					Revisión/cambio de membranas							X					
					DIFUSORES	Limpieza y ajustes mecanicos						X					MPT
		PT-TK-03	CLARIFICADOR PRIMARIO	TANQUE TK-3	Limpieza general						X						
					Inspeccion de grietas o filtraciones						X						
				MOTOREDUCTOR	Cambio de aceite								X			MPT	
				MOTOR ELECTRICO	Limpieza y ajustes mecanicos							X					MPT
					Revisión y limpieza del motor				X								MPT
				EJE Y ASPAS	Verificar alineacion de eje y aspas							X					MPT
					Limpieza general del equipo							X					MPT
		RECIRCULACIÓN	Revisión general y limpieza del motor							X					MPT		
			Limpieza de tubería							X					MPT		
		PT-TK-04	CISTERNA TRATAMIENTO QUÍMICO	TANQUE TK-4	Limpieza general						X					MPT	
					Inspeccion de grietas o filtraciones						X					MPT	
					Revisión flotador		X									MPT	
					BOMBAS DE SUCCION TK- 04	Revisión general, inspeccion motor y limpieza				X							MPT
		PT-TK-05	TANQUE DOSIFICACION DE QUÍMICO	TANQUE TK-5	Limpieza general			X								MPT	
					Inspeccion de grietas o filtraciones			X								MPT	
				AIREACION	Verificar ductos de aire				X							MPT	
				DOSIFICACION PAC	Limpieza tanque de PAC, Inspeccion de grietas o filtraciones.			X									MPT
					Inspección de conexiones electricas bomba dosificadora			X									MPT
				DOSIFICACION POLIMERO	Limpieza tanque polímero, Inspeccion de grietas o filtraciones.			X									MPT
					Inspección de conexiones electricas bomba dosificadora			X									MPT
		PT-TK-06	CLARIFICADOR SECUNDARIO	TANQUE TK-6	Limpieza general						X					MPT	
					Inspeccion de grietas o filtraciones						X					MPT	
				MOTOREDUCTOR	Cambio de aceite								X			MPT	
				MOTOR ELECTRICO	Limpieza y ajustes mecanicos							X					MPT
					Revisión y limpieza del motor						X						MPT
				EJE Y ASPAS	Verificar alineacion de eje y aspas						X						MPT
		PT-PP-07	FILTRO PRESA Lodos	BOMBA HIDRAULICA	Limpieza general del equipo			X								MPT	
					ESTRUCTURA MAQUINA	Cambio de lonas y mallas			X								MPT
					MOTOR ELECTRICO	Revisión y limpieza del motor				X							MPT
		P-BM-08	BLOWERS	TUBERIAS	Inspeccion de ductos/tuberias/mangueras			X								MPT	
					COMPONENTES ELECTRICOS	Inspeccion de conexiones electricas				X							MPT
		P-TC-09	TABLERO DE CONTROL	COMPONENTES ELECTRICOS	Limpieza general de los elementos					X						MPT	

FECHA DE IMPLANTACIÓN	EDICION	FECHA DE REVISION	ELABORADO POR	APROBADO POR	PAGINA Nº
30 de Noviembre del 2011	01	05 de enero del 2018	Diana Veloz	Representante de Gerencia	1

Anexo E: Ficha técnica de microorganismos ISA - ECOENZYM-IN..

	<p align="center">FICHA TÉCNICA</p> <p align="center">ISA- ECOENZYM-IN ENZIMAS BIODEGRADABLES EN POLVO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES</p> 	<p>Calle del Establo y Calle E Edif. Site Center, Torre 1, Oficina 010. Telfs: 3801-340 / 41 /42 Santa Lucía, Cumbayá Quito – Ecuador</p>
---	--	--

1. PROPIEDADES

CONTENIDO DE BACTERIAS	2 x 10 ⁸ UFC / g
ESTABILIDAD	24 MESES CUANDO SE ALMACENA COMO LO RECOMENDADO
APARIENCIA	Polvo granular de color marrón claro
OLOR	Suave olor a tierra

UFC = unidades formadoras de colonias

2. USOS INDICADOS

Las bacterias **ISA- ECOENZYM-IN** abarcan una amplia capacidad de degradación orgánica dirigida a un variedad de residuos industriales. La mezcla incorpora cepas microbianas capaces de degradar los ácidos grasos, agentes tensoactivos, hidrocarburos, compuestos fenólicos, cetonas y compuestos orgánicos recalcitrantes. Se recomienda para mejorar la eliminación de DQO, DBOs y TOC (Carbono Orgánico Total) asociado con efluentes industriales.

Se recomienda el **ISA- ECOENZYM-IN** para mejorar la biodegradación, así también cuando hay una necesidad de una respuesta rápida a los trastornos no especificados de los siguientes efluentes industriales:

- La refinación de petróleo, gas natural y fabricación petroquímica,

incluyendo muchas sustancias orgánicas que contienen amina.

- La producción de acero y la coquización.
- Fabricación de sustancias químicas especiales, tales como colorantes, pigmentos, resinas fenólicas, caucho, estireno, lubricantes y agentes tensoactivos.
- Textiles y productos químicos textiles.
- Carnales.
- Industria Alimenticia.
- Rellenos Sanitarios.

Este producto contiene enzimas que degradan los desechos orgánicos causantes de mal olor en lixiviados, aguas residuales industriales, etc.

El producto está compuesto por un activador biológico, el cual se encuentra constituido por microorganismos útiles seleccionados, su composición enzimática es natural, contiene nutrientes y biocatalizadores minerales.

3. CARACTERÍSTICAS:

- Biodegradable.
- Polvo (liofilizado).
- Aplicación directa del producto, no se necesitan aditivos.
- No contiene químicos ni organismos modificados genéticamente.
- No tóxico.
- No abrasivo.
- No contiene bacterias patógenas.
- Reactiva la actividad biológica.
- Elimina malos olores.
- Presentación en polvo.

- Mejora la tasa máxima de eliminación orgánica, medida por DBOs, DQO y TOC.
- Logra una disminución del 40% del DQO de partida de lixiviado y aguas residuales.
- Proporciona una mayor eficiencia del sistema en respuesta a sobrecargas orgánicas para una mayor estabilidad.
- Mejora la biodegradación de hidrocarburos de petróleo, solventes, residuos de curtiduría, aceites minerales, productos farmacéuticos y agentes tenso activos.
- Reduce la toxicidad de nitrificantes permitiendo la iniciación y el mantenimiento de altas tasas de eliminación de amoníaco biológica.
- Proporciona la capacidad de degradar una amplia gama de productos químicos industriales recalcitrantes.

ASPECTO: Partículas de polvo a granel de color marrón medio y ligero
OLOR: Suave olor a tierra
PH (SOLUCIÓN AL 1%): 6,8 a 7,2
PUNTO DE FUSIÓN: NA
PUNTO DE EBULLICIÓN: NA
PUNTO DE FLAMABILIDAD: Aproximadamente 110 °C
TAZA DE EVAPORACIÓN: NA
INFLAMABILIDAD: NA
LÍMITE SUPERIOR/INFERIOR DE INFLAMABILIDAD: NA
PRESIÓN DE VAPOR: NA
DENSIDAD DE VAPOR: NA
DENSIDAD: Aproximadamente 0,52 g por cm³
SOLUBLE EN AGUA COEFICIENTE DE REPARTO: NA
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN: NA
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN: NA
VISCOSIDAD: NA
HUMEDAD: INFERIOR AL 12%

Las bacterias **ISA- ECOENZYM-IN** operan dentro de un rango de pH 6,0 a 9,0 con actividad óptima cerca de pH 7,0. La temperatura afecta a la tasa de crecimiento de la población bacteriana y la mejora de actividad mediante el aumento de la temperatura a 40° C. No hay actividad apreciable que se puede esperar debajo de 5° C.

4. PREPARACIÓN

ISA- ECOENZYM-IN se puede añadir directamente a la corriente de afluente


de los residuos o la entrada del primer estanque.

Para los residuos tóxicos se recomienda preparar el producto disolviendo hasta 1kg de producto en 20 litros de agua, esperando de 30 a 90 minutos para que la bacteria se desdoble y después agregar directamente el producto a la zona afectada. Relación de producto (30% producto - 70% agua); para resultados óptimos la temperatura del agua de la mezcla debe estar entre 20 y 30 ° C.

5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Almacene en un lugar fresco y seco. Temperatura recomendada para el almacenamiento de 10 a 25 ° C. Evite la inhalación excesiva. Evite el contacto con los ojos. Después de manipular lavar las manos con agua tibia y jabón.

Anexo F: Ficha técnica del policloruro de aluminio

	FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO	Hoja 1 de 2
---	--	-------------

1. ASPECTOS GENERALES

Este producto es un polímero inorgánico en polvo, con alta concentración de AL₂O₃ (mínimo 30%). Su fuerte poder desestabilizador de cargas permite una completa coagulación de los sólidos presentes en el agua permitiendo obtener los niveles de color, turbidez y los parámetros necesarios para un sistema en particular.

2. CARACTERÍSTICAS


PROPIEDADES	VALOR
Apariencia	Polvo
Color	Amarillo
Olor	Penetrante
%AL ₂ O ₃	30%
Ph (solución 1% en agua)	3.5-5.0
Insolubles %	0.1
As % ≤	0.0002
Cd % ≤	0.0002
Hg % ≤	0.00001
Pb % ≤	0.001
Mn % ≤	0.04
Cr 6+ % ≤	0.0005
Fe	0.1

3. USOS

El policloruro de aluminio es un polímero coagulante- Floculante es utilizado en:

- Purificación de aguas residuales en la industria de impresión del procesamiento de cuero, industria cárnica, metalúrgica, fabricación de papel.
- Purificación de residuos de agua que contiene flúor, aceite y metales pesados.
- Para el tratamiento de clarificación de aguas potables, residuales y de procesos industriales.

Dirección: Barrio Los Cipreses s/n.
TELF: 074040 896. CELULAR: 0997240885
EMAIL: quimicalzen@gmail.com
CUENCA - ECUADOR

	FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO	Hoja 2 de 2
---	--	-------------

Muy eficiente para el tratamiento de aguas con alto contenido de hierro o compuestos de hierro, aguas duras o con color.

Muy efectivo a bajas concentraciones, lo que disminuye los costos del tratamiento.

Su doble función de coagulante/floculante hace que no sea necesario en la mayoría de los casos el uso de floculantes de alto peso molecular.

4. BENEFICIOS

Muy efectivo a bajas concentraciones, lo que disminuye los costos del tratamiento.

Su doble función de coagulante/floculante hace que no sea necesario en la mayoría de los casos el uso de floculantes de alto peso molecular.

Puede ser diluido a cualquier concentración sin que se efectúe el manejo del producto.

Sustituye parcial o totalmente la aplicación de sulfato de aluminio, permitiendo obtener bajos residuales de sulfatos.

5. PRESENTACIÓN

El policloruro de Aluminio se despacha en sacos de 25kg.

6. MANEJO DEL PRODUCTO

Para el manejo del producto es necesario el uso de guantes y gafas de seguridad.

En caso de contacto con los ojos es necesario lavarse con abundante agua y jabón.

Si se presenta irritación se debe acudir de inmediato a un médico.

Dirección: Barrio Los Cipreses s/n.
TELF: 074040 896. CELULAR: 0997240885
EMAIL: quimicalzen@gmail.com
CUENCA - ECUADOR

Anexo G: Ficha técnica del polímero.

	FICHA TÉCNICA CHEMFLOC 932 (POLIACRILAMIDA ANIONICA)	Hoja 1 de 2
---	---	-------------

1. Descripción

CHEMFLOC 932 es una poliacrilamida aniónica en polvo de ultra alto peso molecular y una carga aniónica media.

CHEMFLOC 932 se usa para incrementar la velocidad de sedimentación ó flotación en los procesos industriales de separación de sólidos suspendidos y en la mayoría de los procesos de separación de minerales.

También puede utilizarse ~~conjuntamente con~~ coagulantes inorgánicos en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil/papelera/alimenticia y tratamiento de aguas secundarias de la industria petrolera.

2. Propiedades

Apariencia: Polvo blanco

Densidad: 0,7 a 0,8 gr/cm³

Peso molecular: Ultra alto

Carga aniónica: Media

Aprox. Brookfield viscosidades @ 25 ° c

• □ 0.1% solución, aguja #3 @ 60 rpm 262 CPS

• 0.25% solución, aguja #3 a 60 rpm 678 CPS


• 0.50% solución, aguja #3 a 60 rpm 1370 CPS

PH de la solución al 0,5%: 7,5 a 8,0

Rango de PH efectivo: 4 a 13

Tamaño del polvo: 5% > 1 mm, 5% < 0,2 mm

Dirección: Trece de Mayo y Vilelobos
TELF: 4092344 CELULAR: 0972408845
EMAIL: quimicalzen@gmail.com
CUENCA - ECUADOR

	FICHA TÉCNICA CHEMFLOC 932 (POLIACRILAMIDA ANIONICA)	Hoja 2 de 2
---	---	-------------

3. Presentación

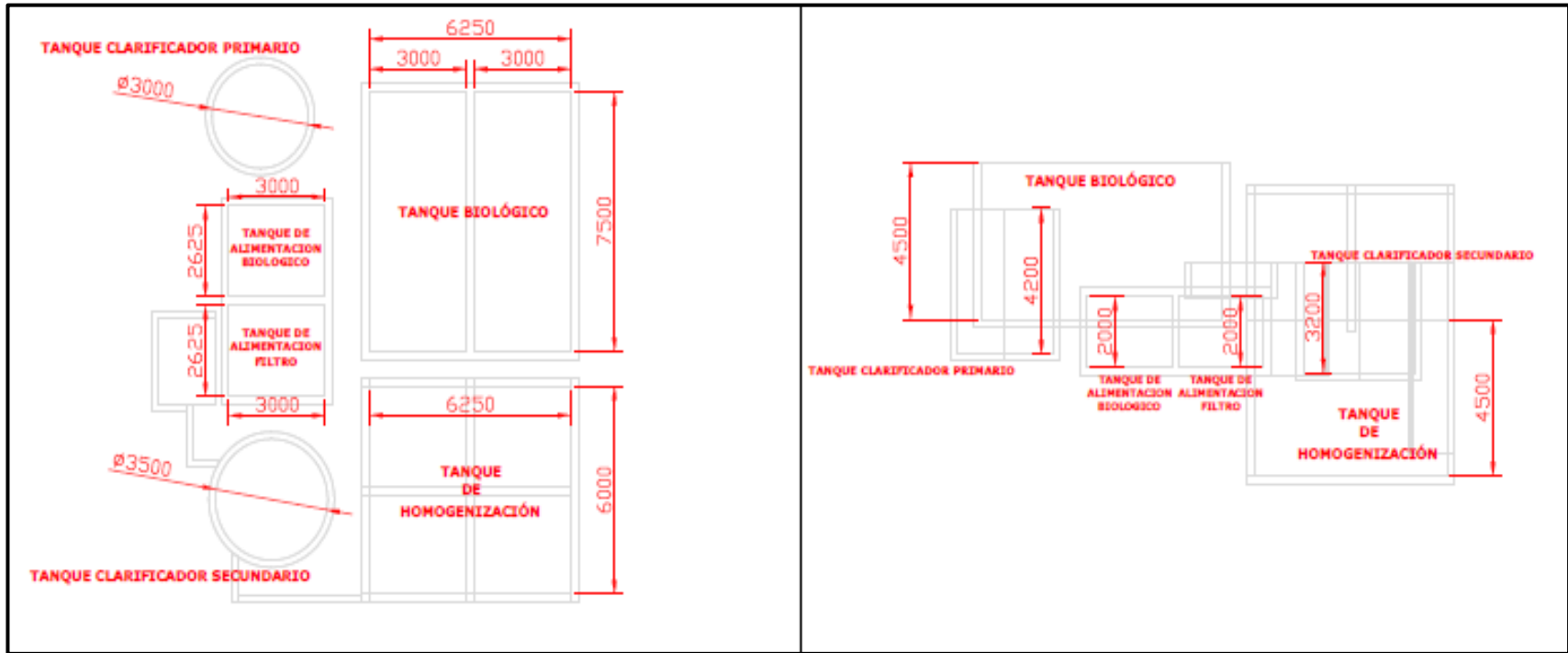
CHEMFLOC 932 viene embalado en bolsas de plástico por 25 kg

4. Almacenamiento

CHEMFLOC 932 debe almacenarse durante máximo 24 meses si la temperatura es estable entre 5 y 35 °C, lejos de la luz solar directa y humedad.

Dirección: Trece de Mayo y Vilelobos
TELF: 4092344 CELULAR: 0972408845
EMAIL: quimicalzen@gmail.com
CUENCA - ECUADOR

Anexo H. Plano de la PTAR proporcionado por TEIMSA



NOTAS

Plano proporcionado por TEIMSA.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
 CHIMBORAZO**
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
REALIZADO POR:
 DIANAPaulina VELOZ ROMERO

PLANO DE LA PTAR PROPORCIONADO
 POR TEIMSA

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	04/04/2016	1

Anexo I. Siembra microorganismos para tratamiento de aguas residuales

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: DIANAPaulina VELOZ ROMERO</p>	SIEMBRA DE MICROORGANISMOS.																		
<p>a) Medición de dosis indicada.</p> <p>b) Activación de microorganismos.</p> <p>c) Adición en tanque biológico.</p>	<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<table border="1"> <tr><th>ESCALA</th></tr> <tr><td>1:1</td></tr> </table>	ESCALA	1:1	<table border="1"> <tr><th>FECHA</th></tr> <tr><td>25/11/2016</td></tr> </table>	FECHA	25/11/2016	<table border="1"> <tr><th>LÁMINA</th></tr> <tr><td>2</td></tr> </table>	LÁMINA	2
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO																				
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO																				
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR																				
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR																				
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR																				
ESCALA																					
1:1																					
FECHA																					
25/11/2016																					
LÁMINA																					
2																					

Anexo J. Limpieza PTAR TEIMSA

a)



b)



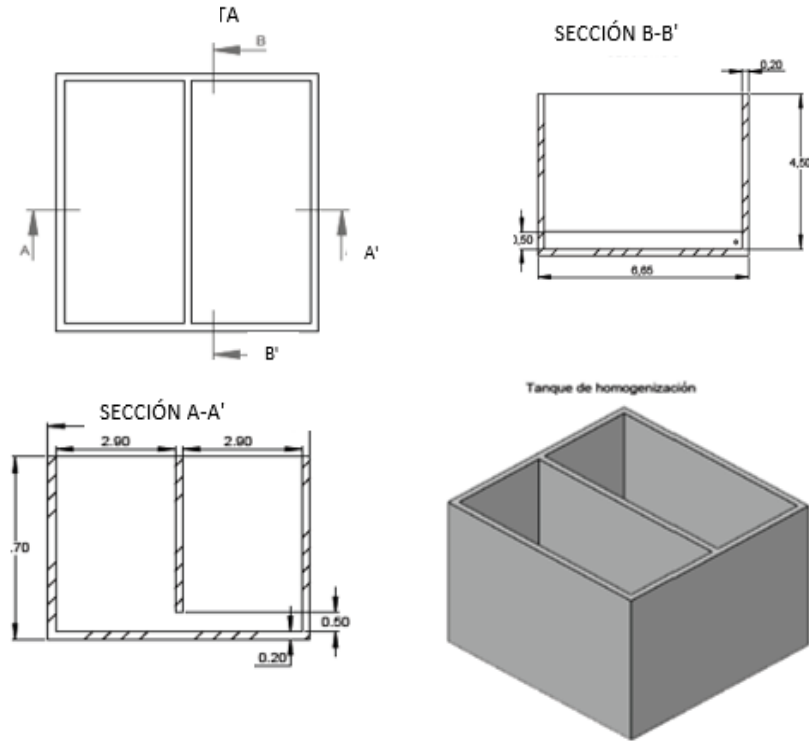
c)



NOTAS		CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: DIANA PAULINA VELOZ ROMERO	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LA PTAR DE TEIMSA		
a) Limpieza tanque biológico b) Lavado tanque de homogenización c) Cambio de material filtro de zeolita						
				1:1	11/04/2016	3

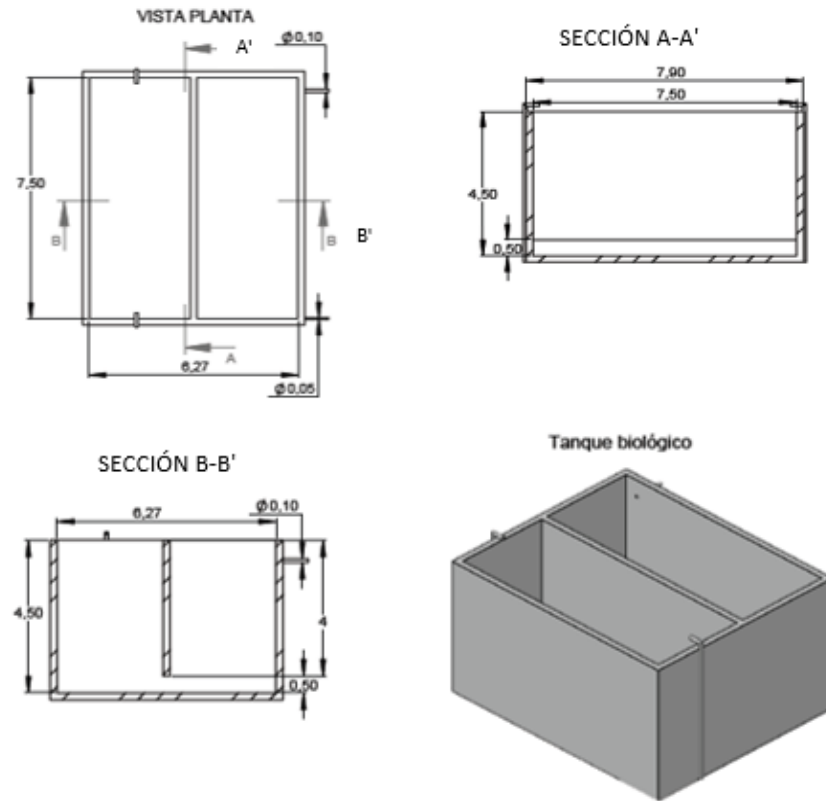
Anexo K: Planos del sistema implementado en la PTAR de TEIMSA

a)



NOTAS	a) Tanque de homogenización	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: DIANA PAULINA VELOZ ROMERO	PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO EN LA PTAR DE TEIMSA.		
				ESCALA 1:1	FECHA 12/12/2017	LÁMINA 4

b)



NOTAS

b) Tanque biológico

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

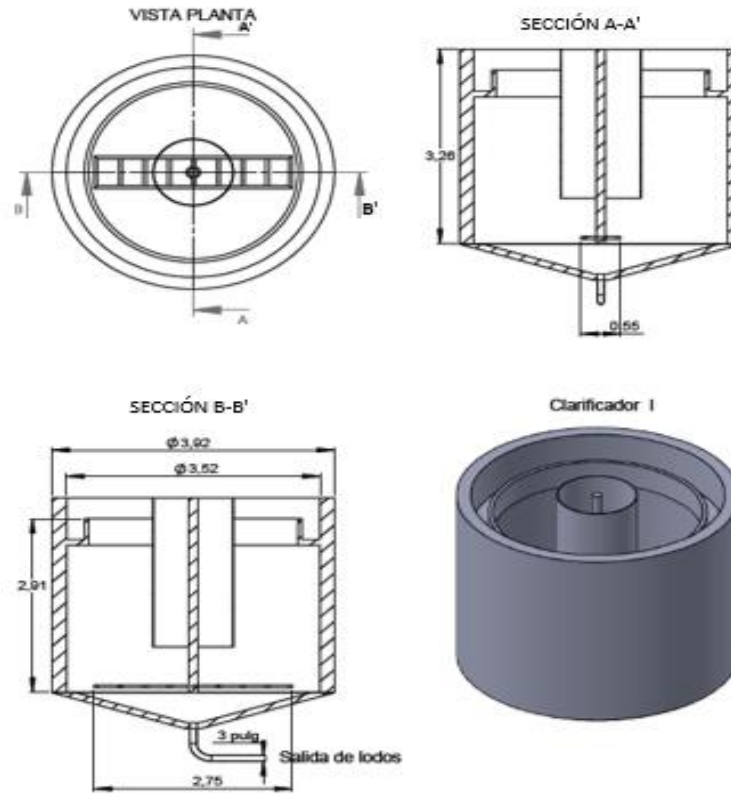
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 REALIZADO POR:
 DIANA PAULINA VELOZ ROMERO

PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO
 EN LA PTAR DE TEIMSA

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	12/12/2017	5

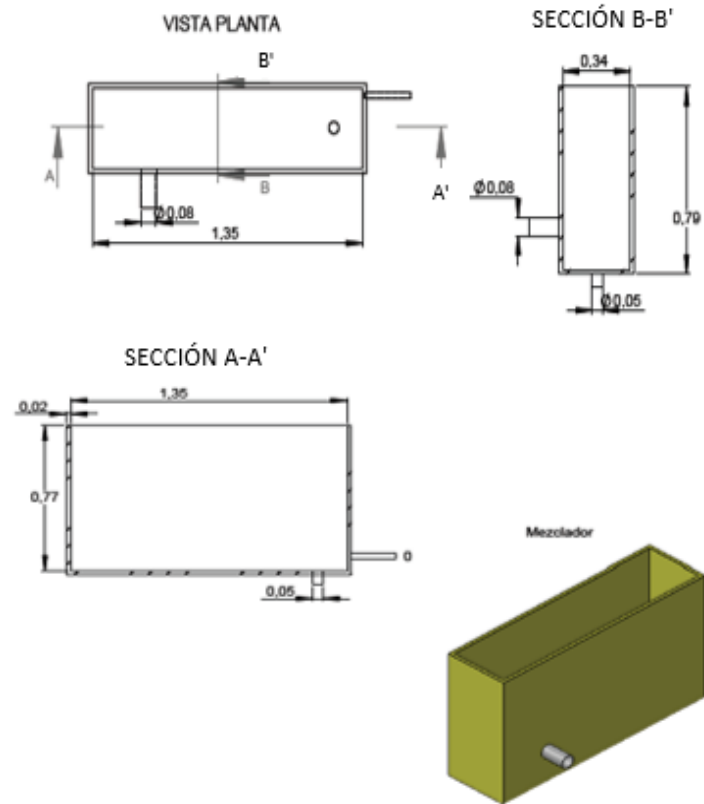
c)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: DIANA PAULINA VELOZ ROMERO	PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO EN LA PTAR DE TEIMSA					
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> <th>LÁMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1:1</td> <td>12/12/2017</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	ESCALA	FECHA	LÁMINA	1:1	12/12/2017
ESCALA	FECHA	LÁMINA						
1:1	12/12/2017	6						

c) Clarificador I

d)



NOTAS

d) Tanque mezcla químico

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

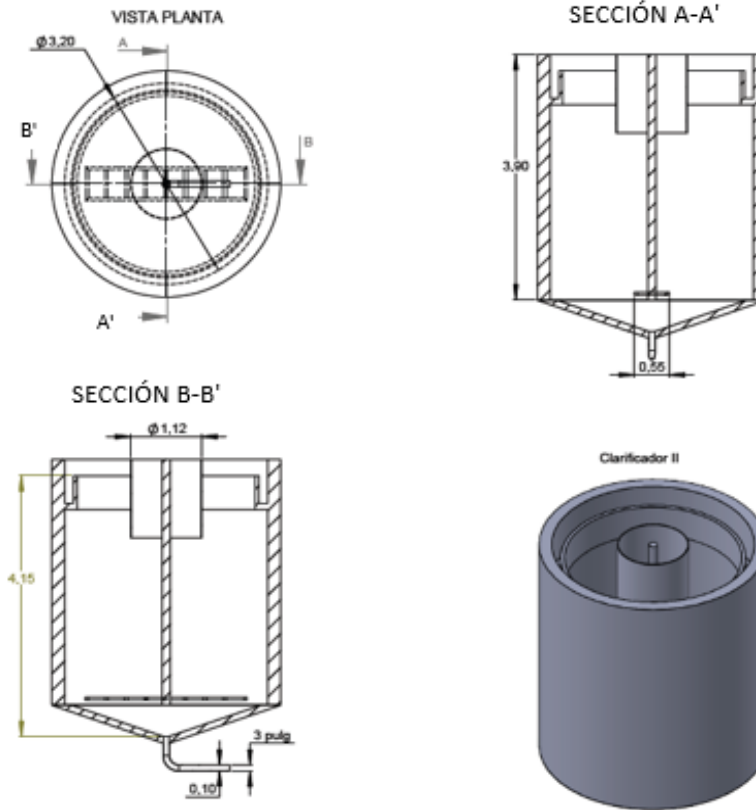
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
REALIZADO POR:
 DIANA PAULINA VELOZ ROMERO

PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO
 EN LA PTAR DE TEIMSA

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	12/12/2017	7

e)



NOTAS

e) Clarificador II

CATEGORIA DEL DIAGRAMA

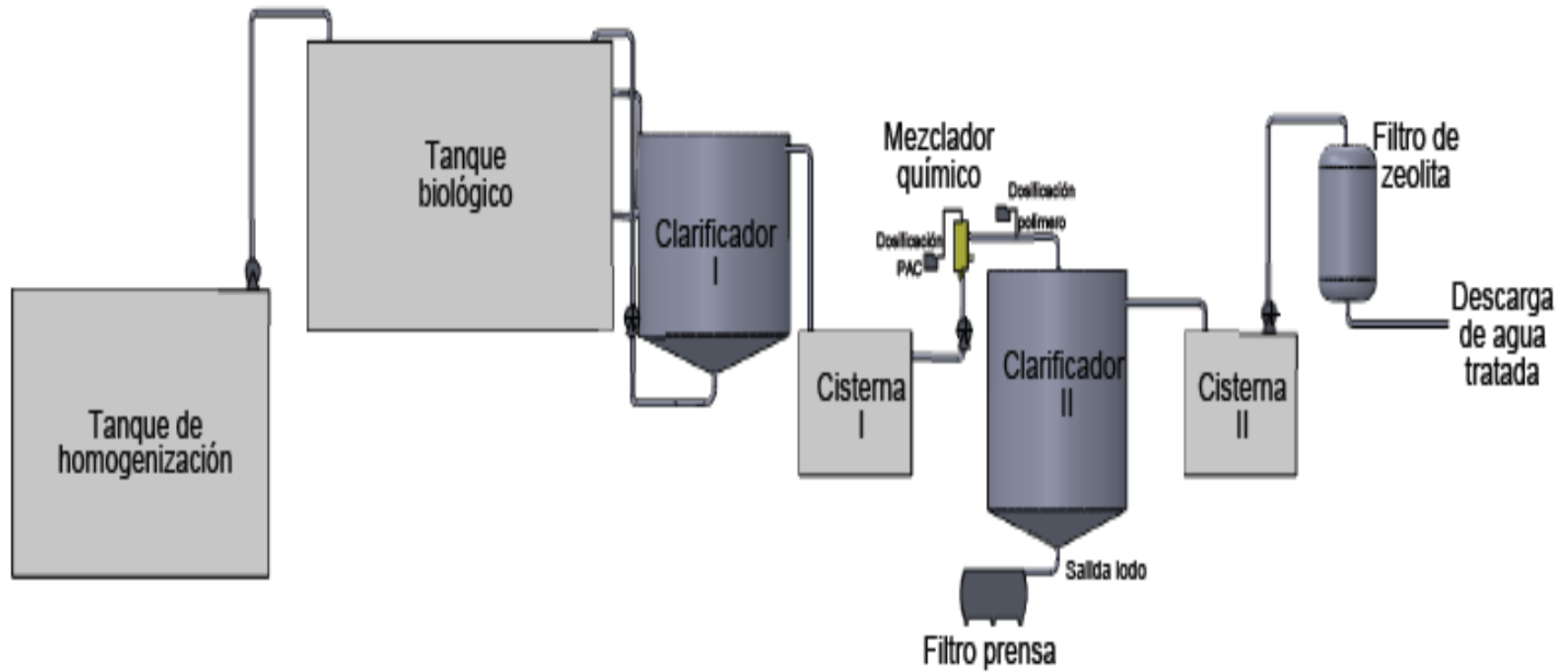
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO
<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR
<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
REALIZADO POR:
DIANA PAULINA VELOZ ROMERO**

PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO
EN LA PTAR DE TEIMSA

ESCALA	FECHA	LÁMINA
1:1	12/12/2017	8

f)



NOTAS		CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: DIANA PAULINA VELOZ ROMERO			PLANOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO EN LA PTAR DE TEIMSA.		
f) Línea del proceso		<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR							
				1:1	12/12/2017	9			

Anexo L: TABLA 8 Límites de descarga al sistema de alcantarillado público, perteneciente al acuerdo ministerial 097-A, sustitutivo del TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I.

TABLA 8. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0