ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

"PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA ENVASADORA DE LECHE DEL CANTÓN RUMIÑAHUI, PARA QUE CUMPLA CON LA NORMA TÉCNICA AMBIENTAL (T.U.L.A.S)"

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

MAYRA GABRIELA BUENAÑO DÁVALOS

maygabu@hotmail.com

DIRECTOR: ING. EDGAR VÁSQUEZ

CODIRECTOR: ING. JUAN FRANCISCO NIETO

Quito, Mayo 2015

DECLARACIÓN

Yo, MAYRA GABRIELA BUENAÑO DÁVALOS, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Mayra Buenaño

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mayra Gabriela Buenaño Dávalos, bajo mi supervisión.

Ing. Edgar Vásquez

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Juan Francisco Nieto

CODIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Este presente trabajo agradezco a mis padres, hermanos, amigos, familiares por brindarme tanto su apoyo moral como sicológico, para seguir estudiando y lograr el objetivo trazado para un presente y futuro mejor.

A la Escuela de Formación de Tecnólogos, alma mater de la ciencia y la tecnología porque me ha formado como Tecnóloga en Agua y Saneamiento Ambiental, para aportar con amor y esfuerzo al desarrollo de nuestro querido País.

De igual manera a mis queridos formadores en especial a mi Director de Tesis por todo su apoyo académico y paciencia, por ser quien me guio durante todo el desarrollo del este proyecto.

Mayra Buenaño

DEDICATORIA

A mis queridos padres Lupita y Luis, por todo su apoyo y dedicación que han puesto en todas las etapas de mi vida, sobre todo por confiar en mí, darme amor y las guías necesarias para forjarme un camino correcto.

A mis hermanos Paula y Matteo y a mis sobrinitas Anahí y Alejandra por ser una fuente de inspiración para seguir superándome cada vez más.

A mi amiga y compañera de siempre Pamela, quien no solamente estuvo apoyándome durante toda mi etapa universitaria sino en cada instante de mi vida, brindándome su amistad sincera.

Mayra Buenaño

CONTENIDO

1 GENERALIDADES 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1

1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 1

1.2 OBJETIVOS 2

1.2.1 OBJETIVO GENERAL 3

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 3

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5

2.1 MARCO TEÓRICO 5

2.1.1 INDUSTRIA LÁCTEA 5

2.1.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A SIMULAR EN EL LABORATORIO 11

2.1.3 PRUEBA DE JARRAS (JAR TEST) 21

2.1.4 MUESTREO 23

2.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA 29

2.2 MARCO CONCEPTUAL 32

2.3 MARCO LEGAL 33

2.3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 33

2.3.2 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL 34

2.3.3 LEY ORGÁNICA DE LA SALUD 35

2.3.4 LEY DE AGUAS 36

2.3.5 LEY REFORMATORIA AL CÓDIGO PENAL 37

2.3.6 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN 38

2.3.7 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE 39

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO 44

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA PLANTA. 44

3.2 PARÁMETROS A TRATAR 44

3.3 TOMA DE MUESTRAS. 45

3.3.1 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO, EN LA CAJA DE REVISIÓN QUE DESCARGA DIRECTAMENTE AL ALCANTARILLADO. 46

3.3.2 TOMA DE MUESTRAS PARA SER UTILIZADA EN LOS ENSAYOS CON LA PRUEBA DE JARRA 46

3.3.3 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN EN EL LABORATORIO. 47

3.4 DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMAS Y SIMULACIÓN DE PROCESOS. 47

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE COAGULANTE Y FLOCULANTE 49

3.4.2 SIMULACIÓN DE PROCESOS 56

3.5 ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES. 60

3.5.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS 61

4 DISCUSIONES Y RESULTADOS 65

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO REALIZADOS EN ENERO, ABRIL Y JULIO DEL 2012. 65

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE EXCEDEN LA NORMA. 68

4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBA DE JARRAS 70

4.2.1 OBTENCIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA 70

4.2.2 RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN 72

4.3 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS SIMULADAS 73

4.3.1 CLARIFICACIÓN. RESULTADOS DE LABORATORIO 74

4.3.2 CLARIFICACIÓN Y AIREACIÓN. RESULTADOS DE LABORATORIO 75

4.3.3 ANÁLSIS DE PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LOS DOS PROCESOS SIMULADOS EN EL LABORATORIO. CLARIFICACIÓN Y CLARIFICACIÓN MÁS AIREACIÓN. 77

4.4 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS 80

4.4.1 REGULACIÓN DE pH 81

4.4.2 REGULACIÓN DE TEMPERATURA 82

4.4.3 REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (SST, DBO, DQO) 82

4.4.4 AIREACIÓN PARA OXIGENACIÓN DEL AGUA Y SEDIMENTACIÓN 83

4.4.5 OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN 83

4.4.6 ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS MEDIANTE DESINFECCIÓN 83

4.4.7 TRATAMIENTO DE LODOS 84

4.5 PRE – DISEÑO PROPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 84

4.5.1 GENERALIDADES DE LA TORRE DE AIREACIÓN 85

4.5.2 GENERALIDADES DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN 86

4.5.3 GENERALIDADES DEL TANQUE DE CLARIFICACIÓN Y BOMBAS DE DOSIFICACIÓN.. 89

4.5.4 GENERALIDADES DEL TANQUE DE AIREACIÓN 94

4.5.5 GENERALIDADES DE LA FILTRACIÓN 95

4.5.6 GENERALIDADES DE LA DESINFECCIÓN 97
4.5.7 GENERALIDADES DEL SECADO DE LODOS (LECHOS DE SECADO) 97
4.6 ANÁLISIS DE LA PROPUESTADE PLANTA DE TRATAMIENTO EN LOS ASPECTOS ECONÓMICOS 99
4.7 PROPUESTA FINAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO 101
4.7.1 HOMOGENIZACIÓN 102
4.7.2 CLARIFICACIÓN 103
4.7.3 FILTRACIÓN 105
4.7.4 DESINFECCIÓN 105
4.7.5 SECADO DE LODOS 106
4.7.6 AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA 106
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 110
5.1 CONCLUSIONES 110
5.2 RECOMENDACIONES 113
5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 114

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Procesos generadores de efluentes líquidos..... 6
Gráfico 2. Recepción de la leche por tanqueros..... 8
Gráfico 3. Centrifugadora de leche..... 9
Gráfico 4. Proceso de estandarización..... 9
Gráfico 5. Equipo de jarras y sus componentes..... 48
Gráfico 6. Prueba de Jarras..... 55
Gráfico 7. Simulación para el proceso de clarificación..... 58
Gráfico 8. Simulación para el proceso de clarificación más aireación..... 60
Gráfico 9. Alternativa 1..... 61
Gráfico 10. Alternativa 2..... 62
Gráfico 11. Alternativa 3..... 63
Gráfico 12. Alternativa 4..... 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo de sedimentación de las partículas 12
Tabla 2. Índice de floculación de Willcomb 22
Tabla 3. Preparación de solución inicial (solución madre) 51
Tabla 4. Dosis de Coagulante y Floculante 54
Tabla 5. Descripción de los Procesos. Alternativa 1 62
Tabla 6. Descripción de los Procesos. Alternativa 2 62
Tabla 7. Descripción de los Procesos. Alternativa 3 63
Tabla 8. Descripción de los Procesos. Alternativa 4 64
Tabla 9. Resultados reportados por el Laboratorio (Enero 2012) 65
Tabla 10. Resultados reportados por el Laboratorio (Abril 2012) 66
Tabla 11. Resultados reportados por el Laboratorio (Julio 2012) 66
Tabla 12. Comparación de resultados Enero, Abril y Julio 2012 67
Tabla 13. Resultados de la Prueba de Jarras (muestras tomadas cada hora) 70
Tabla 14. Resultados de la Prueba de Jarras (muestras tomadas cada media hora) 71
Tabla 15. Resumen de resultados de las Pruebas de Jarras 71
Tabla 16. Resultados de la Prueba de Jarras en los procesos de Simulación Sin aireación 72
Tabla 17. Resultados de la Prueba de Jarras en los procesos de clarificación más aireación 73
Tabla 18. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 2) 74
Tabla 19. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 1) 75
Tabla 20. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 3). 75
Tabla 21. Comparación de los Resultados de Laboratorio de las muestras LECHE 2, LECHE 1 Y LECHE 3 76
Tabla 22. Concentraciones y porcentajes de remoción de las muestras LECHE 2 y LECHE 1 78
Tabla 23. Concentraciones y porcentajes de remoción de las muestras LECHE 2 y LECHE 3. 79
Tabla 24. Comparación de las alternativas 80
Tabla 25. Características del PAC 91
Tabla 26. Comparación entre el PAC líquido y sólido 93
Tabla 27. Equipos, materiales y reactivos 99
Tabla 28. Costos de la Planta de Tratamiento 107

ESQUEMAS

Esquema 1. Esquema de los componentes de la Torre de enfriamiento 86
Esquema 2. Esquema de los componentes de tanque de homogenización..... 88
Esquema 3. Esquema del Sistema de Filtración 96

FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Floculador de dos puestos. Modelo tipo. 49
Foto 2. Sacos de PAC..... 50
Foto 3. Controlador para pH marca EXTECH..... 88
Foto 4. Tanque de clarificación. Modelo tipo. 90
Foto 5. Filtros. Modelo Tipo..... 96
Foto 6. Bomba dosificadora. Modelo tipo. 97
Foto 7. Cama de secado de lodos. Modelo tipo. 98
Foto 8. Procesos generadores de efluentes líquidos. Perdidas en la recepción de leche, lavado de tanques y pisos..... 138
Foto 9. Procesos generadores de efluentes líquidos en los procesos de lavado de las canastillas plásticas para el transporte de leche envasada 138
Foto 10. Caja de revisión. Descarga del efluente líquido sin tratamiento al sistema de alcantarillado municipal..... 138
Foto 11. Tanque de Homogenización. 139
Foto 12. Motorreductor del Tanque de Homogenización. 139
Foto 13. Tanque de 1000 l (2), con la bomba centrífuga utilizados para el proceso de clarificación. 139
Foto 14. Tanque de 2500 l para el proceso de clarificación. 139
Foto 15. Bombas dosificadoras del coagulante y recipiente contenedor del Policloruro diluido al 50%, para el proceso de clarificación..... 139
Foto 16. Tanque Pulmón de 1100l..... 139
Foto 17. Bomba del proceso de Filtración. 140
Foto 18. Filtros de Arena prefabricados, con su sistema de válvulas, tuberías y uniones. 140
Foto 19. Bombas dosificadoras del Hipoclorito de Sodio. Para el proceso de desinfección. 140

CAPITULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La creciente importancia que tiene la conservación de los recursos naturales ha despertado en el hombre la búsqueda de métodos para cuidarlos y recuperarlos, para que pueda ser aprovechado por los seres vivos, de aquí que uno de los recursos de vital importancia para la supervivencia, como lo es el agua, sea objeto de estudio.

En el Ecuador, el interés por la conservación del medio ambiente ha ido en aumento, por lo que una de las medidas que se ha tomado ha sido la implementación de Leyes, Ordenanzas y acuerdos que permitan que las personas, empresas, fábricas y demás se sometan a la regulación de sus descargas liquidas, sólidas y gaseosas.

Actualmente, en el Municipio de Rumiñahui, todo tipo de actividad industrial está presidida por leyes ambientales rigurosas que obligan a las industrias a cumplir ciertos requerimientos, de acuerdo al tipo de actividad industrial, planteados en el Plan de Manejo Ambiental de cada empresa; el Ministerio del Ambiente y las Entidades de Seguimiento y Control Ambiental son las encargadas de verificar el adecuado cumplimiento de las leyes ambientales.

La Fábrica envasadora de leche, por encontrarse dentro del perímetro urbano del Municipio de Rumiñahui, está sujeta al acatamiento de la Norma de calidad Ambiental y de descarga de Efluentes: Recurso agua, que se encuentra en el Libro VI Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (T.U.L.A.S), la cual determina ciertas exigencias con respecto a la descarga de sus aguas residuales.

El Ministerio del Ambiente, por medio de Auditorías Ambientales de Seguimiento anuales, determina la idoneidad de cualquier empresa en funcionamiento mediante la emisión de la licencia ambiental.

Los efluentes de la Empresa envasadora de leche fungirán como prototipo para este proyecto. Las aguas industriales que son vertidas directamente al alcantarillado público son generadas por el lavado de los tanqueros contenedores de leche, lavado de los tanques de recolección para ultra pasteurización, lavado de las cestas plásticas utilizadas para el transporte del producto terminado.

Por lo tanto, la envasadora de leche tiene la obligación de brindar un tratamiento apropiado a sus descargas líquidas mediante una planta de tratamiento, que actualmente no dispone. En el presente proyecto se realizará un análisis del efluente contaminado en parámetros y sus concentraciones, seguido del estudio del sistema de tratamiento para las descargas, en su totalidad, mediante los resultados obtenidos en la simulación a nivel de laboratorio.

A continuación se propone la alternativa más adecuada para la implementación de dicho sistema de tratamiento, ayudando de esta manera a que los parámetros del efluente a descargarse se encuentren por debajo de los Límites Máximos Permisibles que se encuentran en el libro VI, Anexo 1, Tabla 11 *"Límites de descarga al sistema de alcantarillado público"* del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

El problema se formula de la siguiente interrogante:

> ¿Con la propuesta de una planta de tratamiento para una envasadora de leche del Cantón Rumiñahui, el efluente cumplirá con los parámetros de descarga establecidos en la normativa ambiental vigente T.U.L.A.S?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Proponer una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), para una envasadora de leche en el Cantón Rumiñahui, para que el efluente cumpla con la norma técnica ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (T.U.L.A.S.).

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las condiciones actuales de las descargas liquidas industriales de la planta envasadora de leche.
- De acuerdo a la actividad, especificar los parámetros de las descargas líquidas Industriales que se encuentren fuera de norma y su propuesta de tratamiento.
- Simular los procesos de tratamiento en el laboratorio, donde se obtendrán los datos indispensables para proponer el diseño de la planta de tratamiento.
- Seleccionar la alternativa más adecuada en función de su eficiencia, viabilidad de espacio, costo de inversión inicial y costo de funcionamiento (operación y mantenimiento).
- Presentar la propuesta de la Planta de Tratamiento de las descargas líquidas industriales con su respectivo manual de operación y mantenimiento básico.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, la empresa envasadora de leche no posee un adecuado tratamiento de sus aguas residuales industriales, superando así los límites máximos permisibles de descargas liquidas industriales, por lo que es indispensable proponer una planta de tratamiento de aguas residuales.

El presente proyecto de titulación es de suma importancia para la envasadora de leche, que tiene por prioridad el respeto de su compromiso de cuidado del ambiente, salud de ciudadanos y cumplimiento de las leyes ambientales vigentes.

La ejecución de este proyecto representa un enorme beneficio para la envasadora de leche, así como para los pobladores del cantón Rumiñahui, ya que se ayudará a reducir el problema de contaminación ambiental hacia el sistema de alcantarillado y posteriormente a los ríos y quebradas. Este hecho confirmará el derecho de todos los ecuatorianos de vivir y desarrollarse en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

CAPITULO 2

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 INDUSTRIA LÁCTEA

Antes de la Revolución Industrial la leche era muy difícil de conservar, por esta razón se consumía fresca o procesada en forma de quesos. Durante años se fueron produciendo diferentes productos lácteos. La posibilidad de transportar la leche fresca de las zonas rurales a las grandes ciudades se dio gracias a las mejoras en los transportes.

El presente trabajo da a conocer que la empresa envasadora de leche está dedicada a la elaboración de lácteos y sus derivados, además cuenta con equipos tecnológicos para realizar procesamientos como: pasteurización, homogenización, clarificación, etc. Los mismos que permiten darle una mejor calidad e higiene para posteriormente ser refrigerada antes de su envasado y distribución, cumpliendo con el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 076:2013 y todas sus normativas que abarca.
Por sus características los lácteos aportan beneficios ideales para proteger la salud, alimento ideal para todas las edades.

Todos los procesos productivos en la Industria láctea utilizan una gran cantidad de agua, la cual después de su utilización en cada proceso, sus características físicas, químicas y biológicas son alteradas, siendo necesario realizar un tratamiento adecuado antes de ser descargadas a un cuerpo de agua o alcantarillado.

2.1.1.1 Descargas Liquidas de las Industrias Lácteas

En las plantas procesadoras de lácteos se recibe leche todos los días del año, por lo general, la leche se recibe en las primeras horas del día y se procesa en las horas siguientes, motivo por la cual, los residuos líquidos se generan de manera

no continua a través del día, es decir, su caudal varía en función del tiempo y de los procesos que se estén ejecutando.

En las plantas de lácteos, se empaca leche fresca y/o se procesa la leche para obtener productos lácteos. Cuando la leche llega a la planta, ésta es recibida en tanques fríos, de aquí pasa posteriormente a los pasteurizadores, luego se baja la temperatura al grado que ocupe el producto que se vaya a sacar.

En el proceso de pasteurización y envasado de leche, el residuo está constituido por las aguas de lavado, lo que se asemeja a una leche muy diluida, el pH varía entre ácido y alcalino de acuerdo a las sustancias empleadas en la limpieza de tanques pasteurizadores, lavado de pisos, etc., tales como la sosa cáustica y el cloro.

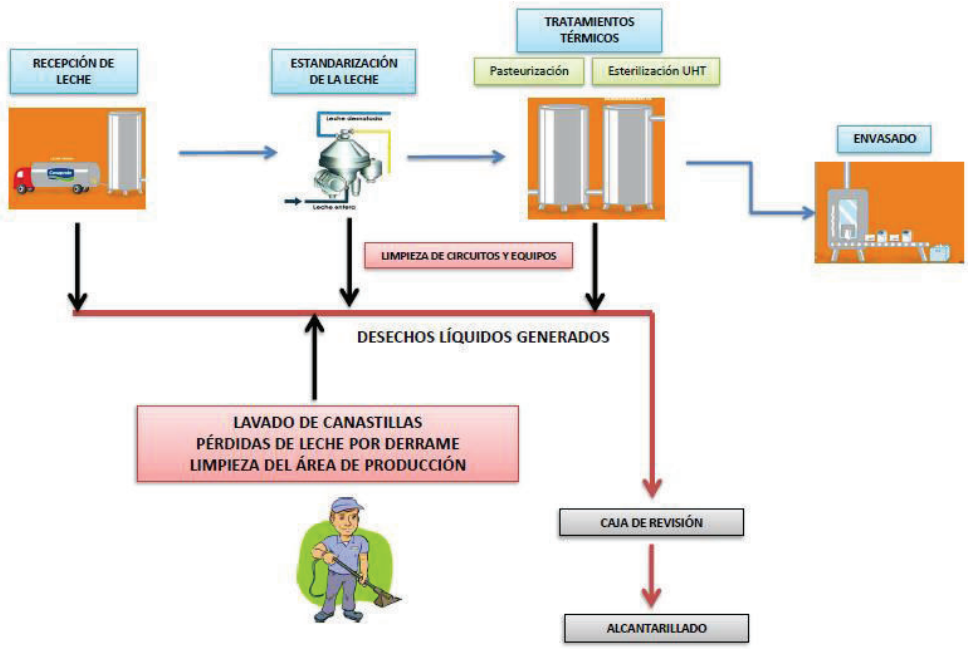


Gráfico 1. Procesos generadores de efluentes líquidos
Elaborado por: Mayra Buenaño

El origen de los residuos líquidos de una planta es[1]:

• Aguas de enfriamiento y condensación, la mayoría son aguas limpias, cuyo contaminante es en la mayoría de los casos la temperatura.

[1] CEPIS (1991) Manual de Disposición de Aguas Residuales, pág. 156.

• Aguas de proceso contaminadas por la leche o por algunos de sus componentes.
• Residuos producto del lavado, pérdidas, purificación. Se contaminan además por las soluciones alcalinas, ácidas y/o desinfectantes empleados.
• Residuos sanitarios.

2.1.1.2 Procesos generadores de efluentes Líquidos[2]

Algunos procesos de la Industria Láctea generadores de efluentes son:

- Recepción de la leche.
- Estandarización de la leche.
- Tratamientos térmicos.
- Producción de queso.
- Producción de mantequilla.
- Producción de productos lácteos en polvo.
- El transporte de los productos lácteos líquidos.

2.1.1.2.1 Recepción de la leche

La leche se recibe en cisternas, tal como se indica en el gráfico 1, se termiza a unos 65 °C para eliminar gran parte de la contaminación bacteriana, se enfría a 4 °C y se transporta a los tanques de almacenamiento, los cuales también están refrigerados.

La limpieza de las cisternas genera residuos, siendo la cantidad de grasa abundante, ya que el propio transporte de la leche provoca un desnatado parcial de la misma, que después es difícil de reemulsionar. La limpieza de los tanques de almacenamiento genera residuos similares.

[2]Quim. Luis Javier Villena. (1995) ANALES DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS VETERINARIAS DE ANDALUCIA ORIENTAL. Contaminación de Industrias Lácteas, Pag. 15

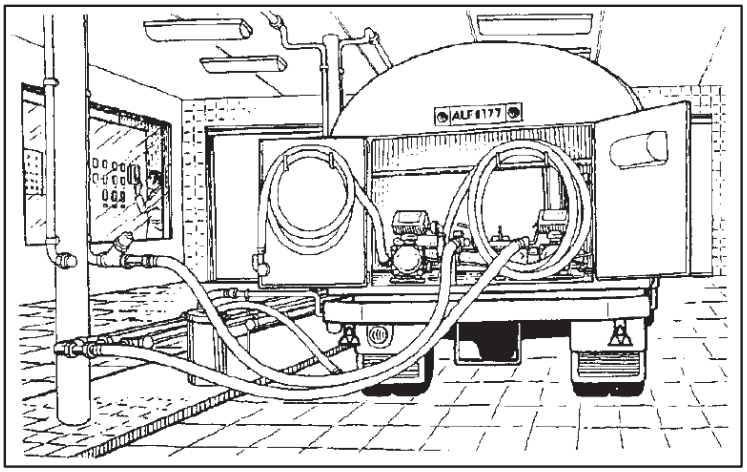


Gráfico 2. Recepción de la leche por tanqueros.
Fuente:http://www.insacan.org/racvao/anales/1995/articulos/08-1995-02.pdf

2.1.1.2.2 Estandarización de la leche

La leche es estandarizada en materia grasa mediante el uso de desnatadores centrífugos de forma que se consiga la cantidad de grasa adecuada, tal como se indica en el gráfico 2 y 3. En este proceso se suelen producir efluentes con alto contenido de grasa.

El proceso de separación se realiza mediante la aplicación de fuerzas centrífugas. Las centrifugadoras de leche están formadas por un cuerpo cónico relleno de un cierto número de aletas con una inclinación determinada. La leche entra por la parte exterior de las aletas, y al subir entre ellas las partículas de mayor densidad (impurezas) van yendo hacia la periferia por la fuerza centrífuga. Las partículas de menor densidad (nata o glóbulos de grasa) ascienden por el eje central de rotación.

La leche desnatada se mueve hacia el exterior y sale por el conducto inmediatamente inferior al de la nata.

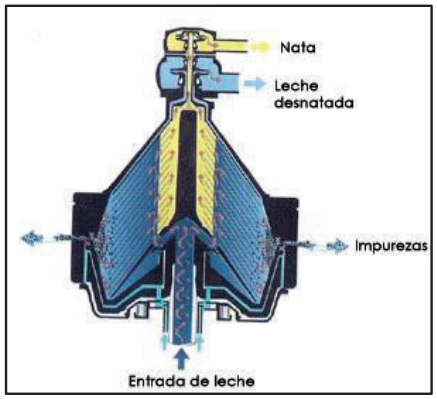


Gráfico 3. Centrifugadora de leche
Fuente: http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/lacteo-4.html

La estandarización del contenido en grasa implica el ajuste del contenido en grasa de la leche, o de un producto lácteo, por medio de la adición de nata o leche desnatada de forma apropiada. La estandarización se realiza para cumplir las normas legales o porque el fabricante decide elaborar un producto con unas características determinadas.

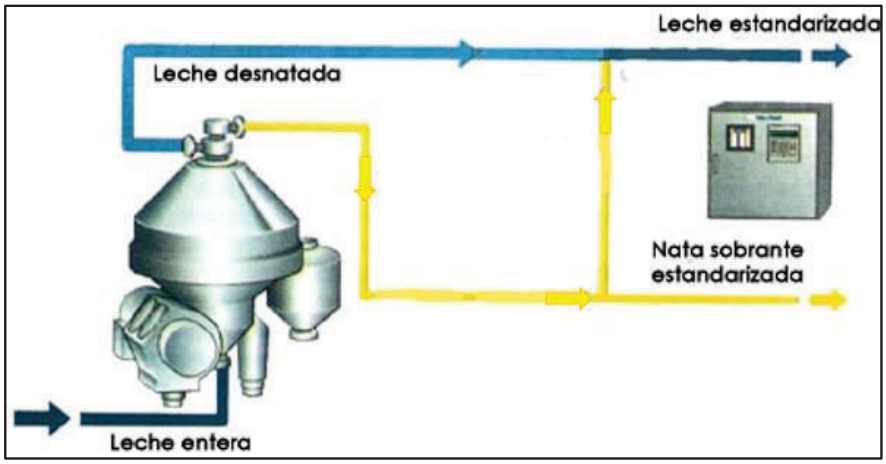


Gráfico 4. Proceso de estandarización
Fuente: http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/lacteo-4.html

2.1.1.2.3 Tratamientos térmicos

Los tratamientos térmicos habitualmente empleados son los siguientes:

- Pasteurización, proceso muy similar a la termización pero que emplea temperaturas de hasta 85 °C durante unos 15 segundos para la eliminación de todos los microorganismos patógenos.
- Esterilización mediante tratamiento UHT (Ultra High Temperature), en la cual la leche es calentada a alta temperatura (hasta 145 °C) durante un tiempo muy corto (de 2 a 5 segundos).

En los tratamientos térmicos se suelen producir depósitos de proteínas que quedan adheridos a las superficies de los intercambiadores de calor y que posteriormente deben ser arrastrados por las limpiezas químicas. Estos tratamientos térmicos son comunes para la leche, nata, postres lácteos, etc.

2.1.1.2.4 Transporte de los productos lácteos líquidos

Los productos lácteos líquidos se mueven por tuberías por medio de las bombas adecuadas. Cuando en un circuito ha terminado de enviar un producto, se produce manual o automáticamente un empuje con agua para la eliminación de los restos de dicho producto, con lo cual se crea una pequeña zona de mezcla agua-producto, que es enviada a sumidero y que puede contener más o menos producto en función a la precisión de empuje del agua.

2.1.1.2.5 Limpieza de circuitos y equipos

La limpieza de los circuitos y equipos se suele realizar en varios pasos:

- Empuje de los restos de leche y productos lácteos con agua. Todo este efluente normalmente va a sumidero.
- Lavado con sosa diluida
- Lavado con ácido
- Empuje final con agua para eliminar todos los posibles restos de producto, de ácido o de sosa.

La mayor parte de las aguas residuales lácteas proceden de este tipo de lavados. El uso de ácido y sosa provoca que tengan valores de pH muy extremos, que pueden oscilar desde 5 hasta 10,5[3].

En ocasiones también para determinados circuitos se emplean otros tipos de detergentes y desinfectantes tales como: ácido peracético, agua oxigenada, sales de amonio cuaternario, etc.)

---

[3]Quim. Luis Javier Villena. (1995) ANALES DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS VETERINARIAS DE ANDALUCIA ORIENTAL. Contaminación de Industrias Lácteas, Pág. 35

2.1.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A SIMULAR EN EL LABORATORIO

INTRODUCCIÓN

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación. Debe eliminarse esta parte sólida para evitar gran número de inconvenientes, de los cuales los más importantes son: obstrucción de conducciones o de refrigerantes, abrasión de bombas, desgaste de materiales, etc., en caso de aguas de abastecimiento de aguas o de vertidos, deben cumplirse, además, las exigencias de la reglamentación[4].

El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado. Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista y dejándolo en reposo pueden ser separados por decantación (bajo la influencia de la gravedad) o por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua, también resulta fácil separarlas por filtración.

Además existen partículas finas llamadas coloides, que constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad. Todo tratamiento impone una previa desestabilización del estado que permite que las partículas se aglomeren y formen corpúsculos de mayor tamaño fáciles de eliminar[5].

En el cuadro siguiente, se relacionan ciertos materiales u organismos, con su tamaño medio, así como orden de magnitud del tiempo necesario para que estas partículas recorran verticalmente un metro de agua, únicamente por influencia de su peso:

---

[4] DEGRÉMONT (1979) Cuarta Edición, Manual Técnico del Agua, Pág. 57
[5]DEGRÉMONT (1979) Cuarta Edición, Manual Técnico del Agua, Pág. 58

Tabla 1. Tiempo de sedimentación de las partículas

Diámetro de la partícula (mm)	Partículas	Tiempo de Sedimentación para 1 m (orden de magnitud)
10	Grava	1 segundo
1	Arena	10 segundos
0,1	Arena fina	2 minutos
0,01	Arcilla	2 horas
0,001	Bacteria	8 días
0,0001	Partícula coloidal	2 años
0,00001	Partícula coloidal	20 años

Fuente: Degrémont. 1979

Elaboración: Mayra Buenaño

El agua puede contener una variedad de impurezas, solubles e insolubles, entre estas últimas destacan las partículas coloidales, las sustancias húmicas y los microorganismos en general. Tales impurezas coloidales presentan una carga superficial negativa, que impide que las partículas se aproximen unas a otras y que las lleva a permanecer en un medio que favorece su estabilidad. Para que estas impurezas puedan ser removidas, es preciso alterar algunas características del agua, a través de los procesos de coagulación, floculación, sedimentación (o flotación) y filtración.

La coagulación se lleva a cabo generalmente con la adición de sales de aluminio y hierro. Este proceso es resultado de dos fenómenos:

1) El primero, esencialmente químico, consiste en las reacciones del coagulante con el agua y la formación de especies hidrolizadas con carga positiva. Este proceso depende de la concentración del coagulante y el pH final de la mezcla.
2) El segundo, fundamentalmente físico, consiste en el transporte de especies hidrolizadas para que hagan contacto con las impurezas del agua.

Este proceso es muy rápido, toma desde décimas de segundo hasta cerca de 100 segundos, de acuerdo con las demás características del agua: pH, temperatura, alcalinidad, cantidad de partículas, etc., se lleva a cabo en una unidad de tratamiento denominada mezcla rápida.
De allí en adelante, se necesitará una agitación relativamente lenta, la cual se realiza dentro del floculador. En esta unidad las partículas chocarán entre sí, se aglomerarán y formarán otras mayores denominadas flóculos; estas pueden ser removidas con mayor eficiencia por los procesos de sedimentación, flotación o filtración rápida[6].

La remoción de las partículas coloidales está relacionada estrictamente con una adecuada coagulación, pues de ella depende la eficiencia de las siguientes etapas: floculación, sedimentación y filtración.

Debido a la gran estabilidad que presentan los coloides, resulta imposible separarlas solamente por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

El tratamiento físico químico del agua residual tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos, la desestabilización del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable, para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

2.1.2.1 Coagulación

En muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas.
Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la

[6]Quim. Ada Barrenechea Martel (2004). Tratamiento de agua para consumo Humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I, Tomo II, Cap.4 pág. 165

adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.)[7].

"La coagulación química consiste en adicionar al agua una sustancia que tiene propiedades coagulantes, la cual transfiere sus iones a la sustancia que se desea remover, lo que neutraliza la carga eléctrica de los coloides para favorecer la formación de flóculos de mayor tamaño y peso."

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales trivalentes de aluminio y hierro (Fe^{3+}, Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo es favorecer la floculación:

· Sales de Fe^{3+}: Pueden ser cloruro férrico (Cl_3Fe) o sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$, con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en disoluciones. La utilización de una u otra está en función del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.

· Sales de Al^{3+}: Suele ser sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ o, Policloruro de aluminio (Aln (OH) mCl13n – m). El primer coagulante es más manejable en disolución, mientras que el segundo presenta la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

· Polielectrólitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos(poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas), son utilizados como ayudantes de floculación. Las cantidades a

[7] RODRIGUEZ, LETÓN, ROSAL, DORADO, VILLAR, SANZ. Tratamientos avanzados de Aguas residuales industriales, pág. 21

dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como el coste es mucho mayor[8].

Las condiciones de pH y alcalinidad del agua influyen en la eficiencia de la coagulación. Este proceso se utiliza principalmente para remover la turbiedad y el color.

2.1.2.1.1 Mezcla Rápida

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante. La dosificación se realiza en la unidad de mezcla rápida; por lo tanto, estas condiciones son las que idealmente debe reunir esta unidad para optimizar el proceso[9].

2.1.2.2 Floculación

El objetivo principal de la floculación es reunir las partículas desestabilizadas para formar aglomeraciones de mayor peso y tamaño que sedimenten con mayor eficiencia[10].

Entre los especialistas en el tratamiento del agua, se reserva el término “Coagulación” para denominar el fenómeno de desestabilización y el de “Floculación” para la aglomeración de los coloides descargados. A los reactivos correspondientes se les llama, respectivamente, coagulantes y floculantes.

2.1.2.3 Corrección de pH

---

[8]RODRIGUEZ, LETÓN, ROSAL, DORADO, VILLAR, SANZ. Tratamientos avanzados de Aguas residuales industriales, pág. 22

[9]Ing. Lidia de Vargas (2004). Tratamiento de agua para consumo Humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I, Tomo II, Cap.5 pág. 235

[10]Ing. Lidia de Vargas (2004). Tratamiento de agua para consumo Humano. Plantas de Filtración rápida. Manual I, Tomo II, Cap.6 pág. 282

El ajuste de pH es un punto muy importante en el tratamiento. El valor del pH debe encontrarse en determinados valores para que el proceso sea óptimo.
La neutralización, en el campo de los tratamientos de aguas residuales, se da antes del tratamiento químico o biológico. Para los tratamientos biológicos, el pH del sistema se mantiene en un intervalo comprendido entre 6.5 y 8.5 para asegurar una actividad biológica óptima[11].

Para los tratamientos físico-químicos, el pH desempeña un papel muy importante en el estudio de los fenómenos de coagulación-floculación; es así como una parte de la carga de las partículas coloidales que han adsorbido iones OH^-, queda destruida por un aumento de la concentración de iones H^+, lo que disminuye la estabilidad de la suspensión coloidal. Es preferible que el pH quede dentro de una zona correspondiente al mínimo de la solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado[12].

Para sales de aluminio, el mínimo de iones Al^{3+} permanece en solución a un pH comprendido entre 6 y 7.4; fuera de este margen y según la mineralización del agua, existe el riesgo de volver a encontrar en solución una proporción más o menos fuerte de aluminio.

Para las sales de Hierro, la zona de pH es mucho más amplia, se alcanza el mínimo de solubilidad cuando el pH es superior a 5[13].

Los métodos para la neutralización incluyen:

1. Homogenización

Consiste en mezclar las corrientes, algunas de las cuales son ácidas y otras alcalinas, disponibles en la planta.

2. Métodos de control directo de pH

Consiste en la adición de ácidos (o bases) para neutralizar las corrientes alcalinas o ácidas.

---

[11] R.S RAMALHO. Tratamiento de Aguas Residuales.
[12]DEGRÉMONT (1979) Cuarta Edición, Manual Técnico del Agua, Pág. 62
[13]DEGRÉMONT (1979) Cuarta Edición, Manual Técnico del Agua.

2.1.2.4 Clarificación

2.1.2.4.1 Sedimentación

La sedimentación se utiliza en los tratamientos de aguas residuales para separar sólidos en suspensión de las mismas.
La eliminación de las materias por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentra, que acaba en el depósito de las materias en suspensión.
En algunos casos, la sedimentación es el único tratamiento al que se somete el agua residual. La sedimentación puede producirse en una o varias etapas o en varios de los puntos del proceso de tratamiento[14].

2.1.2.4.2 Flotación por Aire Disuelto (D. A.F.)

La flotación es un proceso para separar sólido de baja densidad o partículas líquidas de una fase líquida. La separación se lleva a cabo introduciendo un gas (normalmente aire) en la fase líquida, en forma de burbujas. La fase líquida se somete un proceso de presurización para alcanzar una presión de funcionamiento que oscila entre 2 y 4 atmósferas. En presencia de suficiente aire para conseguir la saturación en aire del agua. Luego, este líquido saturado de aire se somete a un proceso de despresurización llevándolo hasta la presión atmosférica por paso a través de una válvula reductora de presión. En esta situación, y debido a la despresurización forman pequeñas burbujas de aire que se desprenden de la solución.

Los sólidos en suspensión o las particulares líquidas (por ejemplo aceites o petróleo) flotan debido a estas pequeñas burbujas, asociándose a los mismos, les obligan a elevarse hacia la superficie. Los sólidos en suspensión concentrados pueden separarse de la superficie por sistemas mecánicos un líquido clarificado puede separarse cerca del fondo y parte del mismo puede reciclarse.

---

[14] RAMALHO (1983), “Tratamientos de Aguas Residuales”. Versión Española de la Segunda Edición Inglesa.

2.1.2.5 Aireación

La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

La aireación se realiza por tres razones:

1. Remoción de gases disueltos:

a) Gas carbónico presente en el agua en forma natural;
b) gas sulfhídrico proveniente de la putrefacción o fermentación de los depósitos orgánicos putrescibles o fermentables del fondo de los reservorios;
c) cloro en exceso (proveniente de la re-cloración).

2. Introducción del oxígeno del aire en el agua:

a) Para oxidar el Hierro y el manganeso, cuya remoción se realiza mediante la decantación y filtración (de esta manera también se reduce el sabor debido al hierro y al manganeso);
b) para añadir oxígeno en el agua hervida o destilada.

3. Remoción de sustancias causantes de sabores y olores:

a) Sustancias oleaginosas provenientes de algas y otros organismos (cuando son volátiles);
b) gas sulfhídrico;
c) sabores debidos al hierro y al manganeso;
d) descomposición de la materia orgánica (quema).

Cuando se remueve el gas carbónico o se reduce la tendencia corrosiva del agua y el consumo de álcalis, se obtiene un aumento del pH. En la práctica, es imposible la reducción por aireación de todo gas carbónico presente en el agua debido a que el gas carbónico del aire también puede disolverse.

La remoción del gas sulfhídrico por aireación es lo suficientemente eficaz para reducir los olores, sabores y demanda del cloro.

2.1.2.6 Filtración

La filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido-líquido a través de un medio poroso (filtro) que retienen los sólidos y deja pasar los líquidos (filtrados).
Si las materias en suspensión que deben separarse tienen una dimensión superior a la del poro, quedarán retenidas en la superficie del filtro. La filtración se denomina, en ese caso, superficial o en torta, o también sobre soporte. En caso contrario, las materias quedarán retenidas en el interior de la masa porosa y la filtración se denomina en volumen con profundidad, o también sobre lecho filtrante.

2.1.2.6.1 Lecho Filtrante

Se utiliza una filtración sobre lecho filtrante, cuando la cantidad de materias que deben retenerse es grande y la dimensión de las partículas contenidas en el agua es relativamente pequeña.
Para que una filtración de este tipo sea eficaz, es preciso que las materias puedan penetrar profundamente dentro del lecho y no bloquearlo en su superficie.
Por otra parte, es preciso que él o los materiales que componen el lecho, se elijan cuidadosamente, tanto en su granulometría como en la altura de capa, de forma que el filtrado responda a la calidad deseada.

2.1.2.6.2 Naturaleza del medio poroso (lecho filtrante)

La arena silícea ha sido el primero de los materiales utilizados en la filtración y continúa siendo el material de base en la mayor parte de los filtros actuales.
También, la filtración puede efectuarse sobre carbón activo granulado, antracita, zeolita, etc., suficientemente resistente:

- Colocándolo en lugar de la arena, en los filtros, después en un tratamiento de decantación, siempre que se desee, simultáneamente, retener los flóculos residuales y eliminar por adsorción una posible contaminación.

- En una segunda etapa de filtración, para un tratamiento de asignado solamente o de decoloración.

2.1.2.6.3 Tipo de filtración

- Lenta

La filtración lenta tiene por objeto la depuración de las aguas de superficie, sin coagulación ni decantación previa. Las enzimas segregadas por algas y microorganismos que se fijan sobre la arena (membrana biológica) coagulan las materias coloidales. Para obtener buenos resultados, se necesitan generalmente tres etapas de filtración.

- Rápida

En el proceso de filtración rápida, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 4 a 50 m/h. La acción biológica es prácticamente nula.
Los procesos de filtración rápida, pueden citarse esencialmente los siguientes:

- la filtración directa, cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar.
- La filtración con coagulación sobre el filtro de un agua no decantada previamente.
- la filtración de un agua coagulada y decantada.

2.1.2.7 Desinfección

2.1.2.7.1 Cloración

Cloración es el proceso de desinfección de aguas residuales más comúnmente usado. El proceso incluye la adición de cloro en solución liquida como hipoclorito de sodio al agua residual. Cuando se usa cloro, éste se combina con el agua para formar el ácido hipocloroso y ácido clorhídrico.

El ácido hipocloroso es el desinfectante primario en el agua. La cloración usada en desinfección tiene el objeto de prevenir la proliferación de enfermedades y el control de crecimiento de algas y producción de olores.

2.1.3 PRUEBA DE JARRAS (JAR TEST)[15]

La prueba de jarras se ejecuta básicamente colocando en 5 o 6 vasos de precipitado o frascos de boca ancha de 1 a 3 litros de aguas de la muestra, agregándole diversas dosis de coagulantes a cada uno mientras se agita fuertemente la muestra de 1 – 3 min y luego se suspende la agitación violenta dejando de 10 – 30 min en una agitación lenta, durante la cual se observa el aspecto y tamaño del floc formado en cada vaso. Luego se deja reposar durante un tiempo de 20 - 30 min.

Este ensayo intenta simular las condiciones en las cuales coagula, flocula y sedimenta el agua en una planta de tratamiento.

Las pruebas de Jarras se han creado para 2 fines básicamente:

1) Como herramienta para diseñar una Planta de Tratamiento de Agua.
2) Como SIMULADOR, para determinar en laboratorio las dosis de insumos químicos que deben aplicarse en una Planta ya existente a fin de lograr cambios favorables en la calidad del agua.

Existe un considerable número de determinaciones que se pueden realizar, unas de orden cualitativo y otros cuantitativos. Vamos a describir algunas:

a) Observación visual.- Es la que más comúnmente se hace, consiste simplemente en observar la forma cómo se desarrolla el floc en cada una de las jaras escogiendo aquella que produzca el floc más grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente, y que deje ver un agua más cristalina entre las partículas coaguladas.

   La comparación de los tamaños del floc no es fácil, algunos prefieren estimarlo en milímetros en forma muy aproximada, otros prefieren usar el índice de Willcomb tal como se incluye en la siguiente tabla.

[15] http://www.r-chemical.com/blog/2012/01/31/la-prueba-de-jarras-en-una-planta-de-tratamiento-de-agua-potable/

Tabla 2. Índice de floculación de Willcomb

Número de Índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimentan).
6	Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero no completamente
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

Fuente: Degrémont. 1979

Elaboración: Mayra Buenaño

Las observaciones visuales de este tipo son cualitativas y dependen, por eso, grandemente del criterio de quien hace los ensayos.

b) Tiempo de formación del floc.- determinar en segundos el tiempo que tarda en aparecer el primer indicio de formación de floc, es uno de los sistemas para cuantificar la velocidad de la reacción.
c) Volumen del floc sedimentado.- otra medida muy simple de hacer es verter en un cilindro graduado el agua coagulada y medir al cabo de 24 horas la cantidad de lodos depositados.
d) Cantidad de coagulante residual.- que es una prueba muy útil para estimar la sobredosis de coagulante, en especial cuando se usa sulfato de aluminio.
e) Control de pH y la alcalinidad.- es aconsejable medir el pH y la alcalinidad antes y después del proceso de coagulación, debido a la importancia que estos factores tienen en la economía del tratamiento.

f) Turbiedad residual.- Las observaciones visuales para determinar el tamaño y calidad del floc en las jarras, en realidad, dicen poco sobre la eficiencia y rapidez con que se ha producido la clarificación del agua.

Es por esta razón conveniente tomar el sobrenadante que se produce después de 30-60 min. De periodo de sedimentación, extrayendo de 20-30 ml de muestra a 4-5 cm de profundidad desde la superficie. La muestra extraída se puede analizar de 2 formas:

a) Directamente midiendo la turbiedad con un turbidímetro fotoeléctrico.
b) Filtrando la muestra del sobrenadante en papel de filtro y midiendo la turbiedad del agua filtrada.

Este ensayo trata de reproducir cuidadosamente el proceso de sedimentación y filtración de la planta de tratamiento. Debe tenerse en cuenta sin embargo, que las características del vaso de precipitado son bien distintas a las del sedimentador, y que el papel de filtro es una simple malla que guarda muy poca relación con el medio granular del filtro[16].

2.1.4 MUESTREO

La gran variedad de clases de aguas y de circunstancias que se pueden presentar, hace que no exista un método normalizado que pueda ser aplicado, tanto para seleccionar la clase de muestra a tomar como para seleccionar el tipo de muestreo, siendo necesario, para realizar correctamente la operación, coordinar el método, la localización y el momento de realizarlo[17].

La metodología de muestreo aplicado para el tipo de descargas que se presenta en el proyecto de titulación, para lo cual se tomarán muestras en los puntos: caja de revisión y en la salida del tanque de homogenización, es muy similar al siguiente procedimiento que es estandarizado para todo tipo de muestra.

---

[16]CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE –CEPIS (1973). Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del Agua. Pág. 21

[17]DIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE, (1998), Manual para muestreo de aguas y sedimentos, Pag.22

2.1.4.1 Preparación para la recolección de muestras

Las tareas generales que se deben considerar para la preparación del trabajo de campo son las siguientes:

2.1.4.1.1 Cronograma

Es recomendable establecer un cronograma para organizar las actividades durante el trabajo en campo, donde se detalle el tiempo estimado a utilizar en la movilización entre los sitios de muestreo y durante el muestreo.

2.1.4.1.2 Materiales y Equipos

El responsable del muestreo debe preparar, en coordinación con el laboratorio, los materiales para el muestreo en función de los tipos de muestras a tomar en campo, los parámetros a analizar, lo cual determinara la capacidad y composición de los recipientes para la recolección de las muestras y los persevantes requeridos.

Es importante, considerar el número total de recipientes tomando en cuenta el volumen total requerido para cada análisis, especialmente cuando se considere necesario duplicar y triplicar las muestras.

Puede ser útil elaborar una lista de chequeo para verificar otros materiales, sustancias (como preservantes y soluciones de calibración) y equipos que se requieran.

2.1.4.1.3 Cadena de custodia

La cadena de custodia es un registro de control entre el laboratorio de análisis y el responsable del muestreo, que permite asegurar la integridad de envío-recepción de la muestra, el documento debe ser preparado previo a la salida de campo. Este documento además, ayuda a coordinar con el laboratorio la preparación y entrega de los reactivos químicos normalizados necesarios para el muestreo.

2.1.4.1.4 Etiquetas

Los recipientes deben estar correctamente etiquetados y separados por sitios de muestreo en un contenedor refrigerante. Deben prepararse previo a la salida de campo, el número suficiente de etiquetas para registro de los siguientes datos:

- Institución responsable del muestreo.
- Localización geográfica en la que se realiza el estudio, nombre del cuerpo hídrico a muestrear, la localidad, etc.
- Código que identifique el punto a monitorear
- Fecha del muestreo
- Los parámetros para análisis en laboratorio
- El nombre del laboratorio de análisis
- El tipo de preservante y conservación de la muestra

2.1.4.2 Tipos de muestras

El tipo de muestra de agua superficial recolectada se determina por una serie de factores tales como:

- Los objetivos del estudio, incluidas las variables de interés y la exactitud y precisión necesarias;
- Las características del sistema bajo estudio, incluido régimen de caudal, condiciones climáticas, aportes puntuales y no puntuales, aportes de agua subterránea, afluentes, homogeneidad del cuerpo de agua y la vida acuática presente;
- Los recursos disponibles, es decir, mano de obra, tiempo, equipo y materiales.

Los tipos de muestra a recolectar se clasifican en tres tipos:

2.1.4.2.1 Muestra simple-puntual

Una muestra simple o discreta representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su recolección.

Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra simple representa un intervalo de tiempo o un volumen más extensos, en tales circunstancias, las características de un cuerpo de agua pueden estar adecuadamente representadas por muestras simples, como en el caso de aguas de suministro, aguas subterráneas, algunas aguas superficiales y más raramente en algunas corrientes de aguas residuales.

Este tipo de muestras es recomendable para investigar una posible contaminación, para la comparación con la normativa ambiental vigente, para estudios de línea base, definición de sitios de control y vigilancia, evolución de las concentraciones a lo largo del sitio de estudio en un corto lapso de tiempo y determinación de parámetros inestables.

2.1.4.2.2 Muestra compuesta

Una muestra compuesta proporciona una estimación de la calidad promedio del agua durante el período de duración de las muestras que la componen.

Es el resultado de la mezcla homogeneizada de varias muestras simples o discretas de volúmenes iguales o ponderados; que son tomadas en intervalos de tiempo iguales durante un periodo concreto. Se analiza una alícuota de la mezcla compuesta para los componentes de interés.

Se recomienda tomar muestras compuestas en puntos de control y vigilancia, para valorar la contaminación promedio.

Las muestras compuestas en el tiempo se pueden usar únicamente para determinar los componentes que permanecen sin alteraciones bajo las condiciones de toma de muestra (ecualización de la muestra compuesta), preservación y almacenamiento.

Para las muestras compuestas se registra el tiempo en el momento de finalizar la operación de composición.

2.1.4.2.3 Muestra integral

Es resultado de la homogenización de muestras tomadas a lo largo de una sección dividida en segmentos de igual medida longitudinal, puede ser simple o

compuesto, por lo tanto puede representar la calidad en un determinado tiempo y espacio.
Se recomienda tomar muestras integrales cuando la sección es demasiado irregular, la concentración no es homogénea y el flujo no es constante.

La cantidad requerida de muestra para su posterior análisis en el laboratorio depende del número de parámetros que se necesite determinar. En general para el análisis de un solo parámetro se necesitan al menos 100 ml, para análisis de rutina de muestras simples 2 litros y para muestras compuestas 4 litros.

2.1.4.3 Procedimiento de recolección de muestras de agua

La confiabilidad de una determinación analítica se apoya en la experiencia y buen criterio de la persona que toma la muestra.

- El responsable del muestreo, antes de iniciar el proceso de toma de muestras, debe colocarse guantes descartables y con el proceso finalizado desecharlos, siendo esto importante para no contaminar la muestra y como medida de seguridad.
- Antes de colectar la muestra es necesario homogeneizar el recipiente dos o tres veces con el agua que se va a recolectar, a menos que contenga agentes preservantes.
- Cuando las muestras son compuestas, la ecualización de las mismas deberá realizarse con la suma de todos los volúmenes colectados, evitando la aireación al momento de la homogenización.
- Dependiendo del tipo de determinación, el recipiente se llena completamente (esto para la mayoría de las determinaciones de compuestos orgánicos como fenoles o tensoactivos), o se deja un espacio para aireación o mezcla (por ejemplo en análisis microbiológicos y determinados parámetros físico químicos). Si el recipiente contiene preservantes, no puede ser rebosado, lo cual ocasionaría una pérdida del preservante.

- Para los casos que se debe dejar un espacio de aire, éste debe ser equivalente a aproximadamente el 1% del volumen del recipiente, para permitir la expansión térmica durante su transporte.
- Cuando el recipiente deba ser llenado completamente, el procedimiento de toma de muestra será el siguiente:
    - Tomar la botella por debajo de su cuello y sumergirla cerrada dentro del agua hasta una profundidad aproximada de 20cm desde la superficie del agua en la caja de revisión.
    - Con la mano libre retirar el tapón evitando toda posibilidad de contaminación y recoger la muestra manteniendo la mano alejada de la entrada del flujo en la botella.
    - Una vez que la botella esté completamente llena, tapar de inmediato sin quitarla de su posición de muestreo y cuidando de que no ingresen burbujas de aire.
    - Constatar que esté bien cerrada y colocarla en una bolsa plástica para retener el contenido en caso de rotura o derrame evitando la contaminación de otras muestras.
    - Organizar la muestra en la hielera de manera que no contamine otras muestras.
- Las muestras deben permanecer bien tapadas, selladas y refrigeradas a 4°C hasta su llegada al laboratorio.

2.1.4.4 Frecuencia de muestreo

En la frecuencia con que se debe realizar el muestreo, influyen marcadamente tanto los parámetros a determinar como el tipo de agua que se va a muestrear y el uso al que va ser destinado.

En la vigilancia de los procesos de tratamiento, la frecuencia de muestreo vendrá dada por la variación del parámetro elegido para realizar el control básico, lo que estará en relación con el origen del agua, caudal, pluviometría, etc.

Cuando el agua proceda de distintas fuentes, los programas de tratamiento deberán tener en cuenta, las variaciones de pH, turbidez, etc., si las hubiera[18].

2.1.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA LÁCTEA

Las industrias lácteas suponen una fuente de contaminación considerable debido a que sus efluentes suelen ser ricos en materias carbonosas, nitrogenadas (proteínas) y fundamentalmente lactosa que influye decisivamente en el aumento de la DBO.

Los procesos industriales a los que se ve sometida la leche son los que van a determinar los residuos y los efluentes.

La composición de un litro de leche de vaca es la siguiente:

1. Constituyentes energéticos
    - Agua 900-910 g
    - Extracto seco: 125-130 g
        - Grasa: 35-45 g
        - Extracto seco magro: 90-95 g
            - Lactosa:47-52gr
            - Sustancias nitrogenadas: 33-36 g
            - Sales:9-9,5g
2. Biocatalizadores: enzimas, vitaminas, etc.
3. Gases disueltos: 4-5% del volumen de leche a la salida de la mama, gas carbónico, oxigeno, nitrógeno, etc.

2.1.5.1 Efluentes

[18]DIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE, (1998), Manual para muestreo de aguas y sedimentos, Pag. 26

El proceso de elaboración y sistema de limpieza, mantenimiento y conservación de la maquinaria y preparación del personal son aspectos determinantes en la composición de las aguas residuales.

A estos residuos hay que añadir los restos de antisépticos y desinfectantes utilizados para la limpieza de las tuberías que transportan la leche (hipoclorito, ácido nítrico, sosa, etc.)
Por tanto las aguas residuales generadas en una empresa láctea se pueden clasificar en función de dos focos de generación: procesos, limpieza, y refrigeración[19].

2.1.5.2 Composición

Las aguas residuales de las industrias lecheras están constituidas por:

- Diferentes diluciones de leche cruda, leche tratada, mantequilla y sueros procedentes de derrames, fugas o goteos provocados por un diseño inadecuado o el mal funcionamiento del proceso.
- Restos de lavados que contienen productos químicos como sosa caustica, desinfectantes, aditivos, detergentes, ácido nítrico, etc.

Cada tonelada de leche elaborada requiere entre 1-4 kg de agentes de limpieza.
La contaminación generada en la fábrica podría estimarse conociendo el volumen de agua empleado en la limpieza de las instalaciones, las pérdidas producidas y la composición y cantidad de agentes limpiadores empleados.

La composición cualitativa en ausencia de agentes de limpieza se caracteriza por un alto contenido en grasas, lactosa y proteínas, entre sus componentes podrán encontrarse además bacterias termófilas y termoduraderas que hayan quedado sobre las placas de los intercambiadores de calor y otros aparatos que retienen las pérdidas de leche mientras no se limpian.

[19]Estación depuradora de industria láctea, 2009.

El origen principal de la contaminación es debido a las pérdidas de producto en las diferentes etapas del proceso.

El procedimiento más extendido para la limpieza y desinfección de las instalaciones sobre todo en los aparatos pasteurizadores, es el siguiente:

- Enjuague por circulación de agua fría.
- Inyección durante 25-30 min de una disolución detergente (generalmente sosa caustica al 1-3%) hirviendo (para lavar vidrio).
- Enjuague.
- Inyección durante 15 minutos de una solución de ácido nítrico o fosfórico en condiciones de 5 g/l a 60-70ºC (para lavar acero inoxidable).
- Enjuague.

Las diferencias de pH a que se someten los microorganismos garantizan su destrucción, el pH de las aguas residuales, generalmente básico, depende de los agentes de limpieza empleados, suele ser alto (alrededor de 9) por el uso frecuente de soluciones alcalinas, pero tiende a acidificarse por la fermentación de la lactosa a ácido láctico.

La lactosa de la leche puede pasar a ácido láctico cuando los cursos de agua estén sin oxígeno y el pH resultante puede causar la precipitación de la caseína, que cuando se descompone produce fuertes olores a acido butílico[20].

La contaminación presente en las industrias lácteas se caracteriza por:

- Alto contenido en materia orgánica disuelta, que disminuye con la recuperación de subproductos.
- Buena biodegradabilidad: relación DBO5/DQO.
- No presentan toxicidad.

[20]Estación depuradora de industria láctea, 2009.

- Proporciones elevadas de sólidos volátiles en suspensión. La razón de sólidos en suspensión volátiles/sólidos en suspensión totales alcanza en las industrias lecheras el 90%.
- Valores de nitrógeno total similares a las aguas residuales urbanas, pero aumenta la proporción entre nitrógeno orgánico, que supone más del 50% y amoniacal, más del 20%. Esta característica varía si se emplea ácido nítrico como limpiador.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Agua cruda.- Es aquellas que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

DBO.- Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO.- Demanda Química de Oxígeno.

Depuración.- Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.

Estación Depuradora.- Tiene el objetivo genérico de conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad.

Efluente.- Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.

Límite Máximo Permisible.- Es la cantidad máxima presente en un recurso natural, efluente o emisión, establecida por un organismo de control y su exceso puede causar daños a la salud y al medio ambiente.

OAE.- Organismo de Acreditación Ecuatoriana.

Operación Unitaria.- Son de naturaleza física y se dividen en 5 grupos: Flujo de fluidos, trasmisión de calor, mezclado, separación y manejo de sólidos.

Proceso unitario.- Son aquellos que requieren de una o más operaciones, en las que ocurren transformaciones químicas.

Circuito.- Recorrido cerrado y generalmente fijado con anterioridad que vuelve al punto de partida.

UTH.- Sigla del inglés ultra high temperature, procedimiento que consiste en someter un alimento líquido, especialmente la leche, a una inyección de vapor a presión durante menos de un segundo, hasta alcanzar los 150 °C, con el fin de destruir los gérmenes y prolongar su conservación.

Densidad relativa.- comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia.

Cloración.- Tratamiento con cloro de las aguas para hacerlas potables o para mejorar sus condiciones higiénicas.

Ecualizador.- Estructura en forma de tanque que sirve para Atenuar las variaciones de caudal, concentración y contaminantes.

Bacterias termófilas.- Las bacterias termófilas son aquellas que se desarrollan a temperaturas superiores a 45ºC.

Caudal Nominal.- El caudal nominal mide el volumen de líquido que pasa a través de un sistema bajo condiciones de presión específicas.

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Constitución Política de la República del Ecuador La Constitución Política de la República del Ecuador, publicada en Quito, el lunes 20 de octubre de 2008 mediante Registro Oficial Nº. 449 indica en los siguientes artículos leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

"**Artículo 396.-** (…) Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la

responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente".

"**Artículo 411.-** (…) Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

"**Artículo 415**.- (…) Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos".

2.3.2 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL

Publicada en el Registro Oficial Nº. 418, del 10 de septiembre del 2004, indica en los siguientes artículos leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

"**Artículo 4.-** Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos."

"**Artículo 8.-** La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado."

"**Artículo 9.-** Le corresponde al Ministerio del ramo:

(…) d) Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial;

(…)j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes"

"**Artículo 33.-** Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento."

2.3.3 LEY ORGÁNICA DE LA SALUD

Publicada en el Registro Oficial Nº. 423, 22 de diciembre de 2006.

"**Artículo 7.-** Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación a la salud, los siguientes derechos:

(…) c) Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación."

"**Artículo 103.-** Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias. Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios especiales establecidos para el efecto por los municipios del país. Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto. Las autoridades de salud, en coordinación con los municipios, serán responsables de hacer cumplir estas disposiciones."

"**Artículo 104.-** Todo establecimiento industrial, comercial o de servicios, tiene la obligación de instalar sistemas de tratamiento de aguas contaminadas y de residuos tóxicos que se produzcan por efecto de sus actividades."

2.3.4 LEY DE AGUAS

Publicada en el Registro Oficial Nº 339, del 20 de mayo de 2004 y actualmente derogada por Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, Segundo Suplemento – Registro Oficial N° 305 – del 6 de agosto de 2014.

"**Articulo 22.-** Prohíbase toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición."

Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua, Segundo Suplemento del Registro Oficial N° 305 del 6 de agosto de 2014, indica en los siguientes artículos, leyes relacionadas con el presente trabajo de investigación:

"**Artículo 79.-** La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación.
b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
(…)e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósitos de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida."

"**Articulo 107.-** Aprovechamiento Industrial. Para toda actividad industrial en la que utilice agua de fuentes hídricas se solicitará la autorización de aprovechamiento productivo a la Autoridad Única del Agua.
(…)Las aguas destinadas para el aprovechamiento industrial una vez utilizadas, serán descargadas por el usuario, previo su tratamiento, cumpliendo con los parámetros técnicos que dicte la Autoridad Ambiental Nacional."

"**Artículo 112.-** Devolución de las Aguas. El agua destinada para actividades mineras se devolverá al cause original de donde se las tomo o al cauce que sea más adecuado, con la obligación del usuario a tratarla antes de su descarga y vertido, de acuerdo con lo que establece el permiso ambiental y la Ley, la cual garantizará las condiciones seguras que no afecten a los acuíferos de agua dulce en el subsuelo, fuentes de agua para consumo humano, riego, ni abrevadero."

2.3.5 LEY REFORMATORIA AL CÓDIGO PENAL

Publicada en el Registro Oficial Nº. 555, 24 de marzo de 2009.

"**Artículo 437 A.-** Quien, fuera de los casos permitidos por la ley, produzca, introduzca, deposite, comercialice, tenga en posesión, o use desechos tóxicos peligrosos, sustancias radioactivas, u otras similares que por sus características constituyan peligro para la salud humana o degraden y contaminen el medio ambiente, serán sancionados con prisión de dos a cuatro años".

"**Artículo 437 B.-** El que infringiere las normas sobre protección del ambiente, vertiendo residuos de cualquier naturaleza, por encima de los límites fijados de conformidad con la ley, si tal acción causare o pudiere causar perjuicio o alteraciones a la flora, la fauna, el potencial genético, los recursos hidrobiológicos o la biodiversidad, será reprimido con prisión de uno a tres años, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido."

"**Artículo 437 C:** La pena será de tres a cinco años de prisión, cuando:

a) Los actos previstos en el artículo anterior ocasionen daños a la salud de las personas o a sus bienes;

b) El perjuicio o alteración ocasionados tengan carácter irreversible;

c) El acto sea parte de actividades desarrolladas clandestinamente por su autor; o,

d) Los actos contaminantes afecten gravemente recursos naturales necesarios para la actividad económica."

"**Artículo 437 D.-** Si a consecuencia de la actividad contaminante se produce la muerte de una persona, se aplicará la pena prevista para el homicidio intencional, si el hecho no constituye un delito más grave.

En caso de que a consecuencia de la actividad contaminante se produzcan lesiones, impondrá las penas previstas en los artículos 463 a 467 del Código Penal."

"**Artículo 437 E.-** Se aplicará la pena de uno a tres años de prisión, si el hecho no constituyere un delito más severamente reprimido, al funcionario o empleado público que actuando por sí mismo o como miembro de un cuerpo colegiado, autorice o permita, contra derecho, que se viertan residuos contaminantes de cualquier clase por encima de los límites fijados de conformidad con la ley, así como el funcionario o empleado cuyo informe u opinión haya conducido al mismo resultado."

"**Artículo 437 K.-** Además otorga potestad al sistema judicial para ordenar, como medida cautelar, la suspensión inmediata de la actividad contaminante, así como la clausura definitiva o temporal del establecimiento, sin perjuicio de lo que pueda ordenar la autoridad competente en materia ambiental."

2.3.6 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN

Publicada en el Registro Oficial Nº. 418, del 10 de septiembre del 2004.

"**Artículo 6.-** Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades."

"**Artículo 7.-** El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor."

"**Artículo 8.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen."

"**Artículo 9.-** Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley."

2.3.7 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

Expedida mediante Decreto Ejecutivo Nº. 3399, publicada en el Registro Oficial No. 725 de 16 de diciembre de 2002.

Libro VI. DE LA CALIDAD AMBIENTAL

"Art. 15.- Determinación de la necesidad de una evaluación de impactos ambientales (tamizado).
La institución integrante del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental en su calidad de autoridad ambiental de aplicación debe disponer de métodos y procedimientos adecuados para determinar la necesidad (o no) de un proceso de evaluación de impactos ambientales en función de las características de una actividad o un proyecto propuesto. Estos métodos pueden consistir en:

a) lista taxativa y umbrales que determinen las actividades y/o proyectos sujetos a un proceso de evaluación de impactos ambientales, incluyendo criterios complementarios para la determinación de la necesidad de una evaluación de impactos ambientales; (…)

"**Artículo 69.-** Permisos de descarga, emisiones y vertidos.

De verificar la entidad ambiental de control que el plan de manejo ambiental se ha cumplido con normalidad, extenderá el permiso de descarga, emisiones y vertidos, previo el pago de los derechos fijados para el efecto."

"**Artículo 73.-** Control de Calidad.

Los procedimientos de control de calidad analítica y métodos de análisis empleados en la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos, control de los procesos de tratamiento, monitoreo y vigilancia de la calidad del recurso, serán los indicados en las respectivas normas técnicas ecuatorianas o en su defecto estándares aceptados en el ámbito internacional. Los análisis se realizarán en laboratorios acreditados. Las entidades de control utilizarán, de tenerlos, sus laboratorios."

"**Artículo 82.-** Reporte de descargas, emisiones y vertidos.

Solamente una vez reportadas las descargas, emisiones y vertidos, se podrá obtener el permiso de la entidad ambiental de control, para efectuar éstas en el siguiente año."

"**Artículo 92.-** Permiso de Descargas y Emisiones

El permiso de descargas, emisiones y vertidos es el instrumento administrativo que faculta a la actividad del regulado a realizar sus descargas al ambiente, siempre que éstas se encuentren dentro de los parámetros establecidos en las normas técnicas ambientales nacionales o las que se dictaren en el cantón y provincia en el que se encuentran esas actividades.

El permiso de descarga, emisiones y vertidos será aplicado a los cuerpos de agua, sistemas de alcantarillado, al aire y al suelo."

LIBRO VI. ANEXO1. NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES: RECURSO AGUA

"**4.2.2** Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público"

"**4.2.2.3** Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 11):"

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

Parámetros	**Expresado como**	**Unidad**	**Límite máximo permisible**
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	**No detectable**
Ácidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO_3	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN-	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O5.	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO4=	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	oC		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

Fuente: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS)

Elaboración: El Autor

CAPITULO 3

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA PLANTA.

La empresa envasadora de leche en la actualidad no posee una planta de tratamiento para sus descargas liquidas las cuales son producto de los procesos propios del envasado de leche.

Estas aguas residuales son descargadas al alcantarillado público sin recibir un tratamiento adecuado, causando un impacto al medio ambiente e incumpliendo con la normativa vigente.

El recurso hídrico más importante que podría ser afectado por las actividades de la envasadora de leche sería el Río San Pablo, como producto de las descargas de origen doméstico e industrial que llegan a él a través del sistema de alcantarillado.

3.2 PARÁMETROS A TRATAR

Los parámetros a tratar se los determina del análisis realizado a los resultados de laboratorio de las muestras tomadas en los dos instantes:

- Muestras tomadas de la caja de revisión (Enero, Abril y Julio 2012).
- Muestra tomada del tanque de homogenización (Septiembre 2012).

Para el presente proyecto de titulación, se consideran principalmente los parámetros que sobrepasan la normativa de la muestra tomada del tanque de homogenización, por ser un agua que previamente ha sido homogenizada y además presenta las características físico químicas adquiridas durante el día.

3.3 TOMA DE MUESTRAS.

El muestreo y caracterización de la descarga líquida que se va a tratar es fundamental para determinar, en primera instancia, los contaminantes que contiene el agua residual además de su cantidad y posible afectación al medio ambiente, así como proponer el tratamiento más idóneo para la remoción de dichos contaminantes.

Se requiere una técnica apropiada de muestreo que se encuentre dentro de los métodos normalizados o estándar para obtener un resultado real y que la muestra sea representativa del total de la descarga.

Los muestreos solicitados por la empresa envasadora de leche, lo realizaron técnicos especializados del laboratorio acreditado por el OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriana), siguiendo las normas y métodos establecidos dentro de un marco de alto control de calidad con lo cual se asegura la confiabilidad de resultados.

En la Envasadora de lácteos se utilizó el método de muestreo compuesto el cual asegura mayor representatividad y ayuda a detectar realmente el comportamiento de los diferentes contaminantes a través del tiempo (durante un día de labores).

La toma de muestra se realizó manualmente, el muestreo compuesto es el más adecuado para las condiciones de los puntos de monitoreo, conociendo que el flujo de descarga y los aportes contaminantes durante el día no son constantes, debido a la variación del funcionamiento de los procesos.

La cantidad requerida de muestra para su posterior análisis en el laboratorio, de acuerdo a normativas internacionales como la EPA (US Environmental Protection Agency) es por lo general de 4 litros, al tratarse de muestras compuestas.

Las muestras de agua tomadas antes, durante y después de las pruebas piloto fueron enviadas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la

Universidad Central del Ecuador para su respectivo análisis tomando en consideración las medidas adecuadas para que la muestra se conserve y no se vean afectados los análisis en el laboratorio.

3.3.1 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO, EN LA CAJA DE REVISIÓN QUE DESCARGA DIRECTAMENTE AL ALCANTARILLADO.

El muestreo realizado por la empresa en los meses de enero, abril y julio del 2012, fue de tipo compuesto y realizaron la toma de la muestra directamente de las descargas liquidas que llegan a la caja de revisión producto de las aguas provenientes del proceso de envasado. Después de pasar por la caja de revisión esta agua es conducida hacia el sistema de alcantarillado sin que pasen previamente por un tanque de homogenización.

Para la conformación de la muestra compuesta se tomaron alícuotas de 1 litro cada 30 min durante 24 horas, homogenizaron en un recipiente del cual se tomó un galón (4 litros). La muestra de agua fue enviada al laboratorio para ser analizada.

3.3.2 TOMA DE MUESTRAS PARA SER UTILIZADA EN LOS ENSAYOS CON LA PRUEBA DE JARRA.

Previo a este muestreo la empresa implementó un tanque de homogenización el cual consiste en un depósito de 13 m^3, al que ingresan las descargas de la envasadora de lácteos y con el cual se busca homogeneizar el flujo entrante, tanto en caudal como en composición.

Las pruebas realizadas mediante el uso del equipo de test de jarras, servirá para la determinación de la dosis de coagulante y floculante que se necesitará para el tratamiento químico de estas descargas.

Los procedimientos para la toma de muestras, se la realizó de la siguiente manera:

A. Para la primera prueba, la toma de la muestra se la hizo a la salida del tanque de homogenización, se recolectóalícuotas de 1 litro de volumen cada hora durante el día formando una muestra compuesta.
B. Al igual que para la primera prueba, para la segunda también se tomó la muestra a la salida del tanque de homogenización, se realizó una muestra compuesta tomando alícuotas de 1 litro de volumen cada media hora durante el día y depositándolo dentro de un reservorio plástico.

Las muestras recogidas fueron llevadas al laboratorio para realizar las pruebas de jarras con el fin de determinar la dosis óptima para el tratamiento y simular los diferentes procesos para la planta de tratamiento.

Se envió una parte de la muestra compuesta B (alícuotas cada 30 min durante 24 horas) recogida del tanque de homogenización, hacia el laboratorio acreditado para su análisis. Los resultados de estos análisis nos sirvieron como base para comparar la disminución de los parámetros físico-químicos después de la simulación de los procesos de tratamiento.

3.3.3 TOMA DE MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE LABORATORIO DESPUÉS DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN EN EL LABORATORIO.

Una vez ejecutada la simulación de los procesos mediante la prueba de jarras se procede a realizar la prueba piloto final mediante el mismo procedimiento de test de jarras, seguidamente se toma la muestra de un volumen de 4 litros (volumen mínimo solicitado por el laboratorio para los análisis de líquidos) que es enviada al laboratorio para ser analizada.

3.4 DETERMINACIÓN DE DOSIS ÓPTIMAS Y SIMULACIÓN DE PROCESOS.

En el presente proyecto, se utilizó la metodología de pruebas de Jarras como herramienta para diseñar una Planta de tratamiento de las descargas de la empresa envasadora de leche y como simulador para determinar en laboratorio las dosis de insumos químicos que deben aplicarse.

La prueba de Jarras tiene como objetivo determinarlos tiempos de retención del agua en la estación de tratamiento, esto se logra realizando múltiples testen el equipo de prueba de jarras, cuyo resultado define cuánto tiempo debe estar retenida el agua en cada estación de tratamiento (Mezcla Rápida, Floculador o Mezcla Lenta y Sedimentador) a fin de que el producto químico a utilizar tenga un excelente rendimiento y mejore la calidad del agua (refiriéndonos al factor de clarificación).

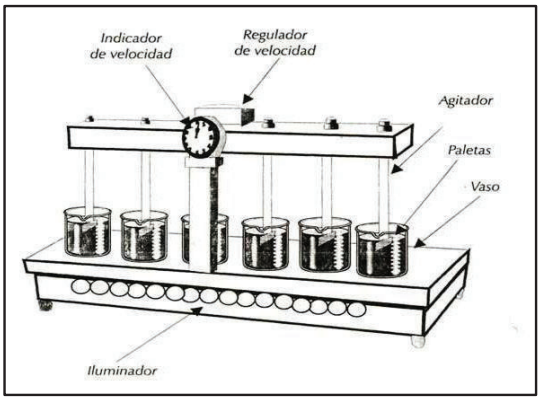


Gráfico 5. Equipo de jarras y sus componentes
Fuente: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

Además los resultados de las pruebas de jarras nos indica cual debe ser la gradiente de velocidad para cada periodo de tiempo de retención, es decir, definir las revoluciones por minuto (RPM) que deben ser aplicadas para cada estación de tratamiento y que aseguren una reacción completa de los productos químicos antes de pasar a la siguiente etapa.

Una vez definidos los tiempos de retención y las gradientes de velocidad ideales para un desempeño óptimo de insumos químicos se puede diseñar la Planta de Tratamiento que descargue agua tratada cuyos parámetros físico-químicos se

encuentren por debajo de los límites máximos permisibles de la Normativa vigente y puedan ser descargados directamente al sistema de alcantarillado.

3.4.1 DETERMINACIÓN DE LA DOSIS DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Este ensayo consiste en la adición de dosis crecientes de coagulante y/o floculante a una serie de porciones del agua a ensayar, determinando después de un período de agitación adecuado, las características del coágulo y algunas propiedades físicas y químicas en las porciones tratadas, que permiten establecer las dosis óptimas de coagulante y/o floculante que deben añadirse al agua para su tratamiento.

3.4.1.1 Reactivos y Equipo de prueba de jarra

Para el presente proyecto, la determinación de las dosis optimas de coagulante y floculante, se utilizó el equipo de prueba de jarra individual, que consta de una jarra de 1000 ml y un agitador mecánico individual de velocidad de 100 RPM (revoluciones por minuto) no programable. Cabe mencionar que este es un equipo sencillo con el cual no se puede efectuar el ensayo en forma simultánea con distintas dosis de coagulante. Es importante mencionar que el presente trabajo se realizó en base a lo que la empresa posee y al presupuesto que es destinado para la implementación de la planta de tratamiento.

Foto 1. Floculador de dos puestos. Modelo tipo.
Fuente: http://www.elementosquimicos.com.co/equipos/equipos-importados/floculadores

Para los procesos de coagulación simulados con el equipo de prueba de jarra, se usó policloruro de aluminio como solución coagulante, esta solución es ampliamente utilizada en el tratamiento y clarificación de agua potable, residual o

industriales, es de libre comercialización en el país lo que implica conseguir este producto sin ninguna dificultad, evitando la paralización de la planta por falta de insumos.

Como solución floculante se utilizó la poliacrilamida como polímero catiónico, que es utilizado como auxiliar químico para el tratamiento de aguas.

Foto 2. Sacos de PAC

3.4.1.2 Técnica

Previo los ensayos, se realizó la toma de muestra tal como se describe en el numeral *3.2.3 "Toma de muestras para ser utilizadas en los procesos de simulación".*

Se realizaron dos ensayos de acuerdo a las dos muestras compuestas tomadas con diferente frecuencia, cada hora y cada media hora.

Previo el ensayo de prueba e jarras se deben preparar soluciones madres de coagulante y de floculante a concentraciones tales que las cantidades adecuadas para utilizarse en la prueba de coagulación se puedan medir exacta y conveniente mente.

En la tabla 3 se indican los reactivos y las concentraciones de la solución madre utilizada en los ensayos:

Tabla 3. Preparación de solución inicial (solución madre)

REACTIVO QUÍMICO	CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN MADRE.
Policloruro de Aluminio	50 %
Poliacrilamida	0.1 %

Fuente: Hojas técnicas del Polímero coagulante catiónico y del Polímero floculante aniónicos para tratamiento de aguas. (ANEXO 2)
Elaboración: Mayra Buenaño.

La solución madre al 50%, se obtiene del Policloruro de aluminio en polvo, mesclando 1 kg de Policloruro en Polvo con 1 L de agua clarificada.

Previo a la dosificación en la prueba de jarras, la concentración de la solución de Policloruro de aluminio sebe ser diluida al 1% (10000 ppm) para lo cual se toma 1 ml de la solución al 50% y se lo afora con 50 ml de agua:

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$$Vf = \frac{Vi * Ci}{Cf}$$

$$Vf = \frac{1\ ml * 50\%}{1\%} = 50\ ml$$

La solución madre de la poliacrilamida al 0.1%, se obtiene de la mezcla de 1 Kg de polímero en polvo con 1000 kg de agua (1000 l de agua).

$$Concentración\ \% = \frac{Wsto}{Vsln} * 100\%$$

$$Concentración\ \% = \frac{1\ Kg}{1000l} * 100\%$$

$$Concentración\ \% = 0.1\%$$

$Wsto = masa\ del\ polímero = 1Kg$

$Vsln = volumen\ de\ la\ solución = 1000\ l$

3.4.1.2.1 Primera Prueba

Para la primera prueba realizada con la muestra compuesta tomada cada hora, se ejecutó el siguiente procedimiento:

a) Se colocó en el vaso de precipitado 1.000 ml del agua a ensayar (previamente agitada para suspender las partículas fácilmente sedimentables); se puso en marcha el agitador a la velocidad establecida y, con una pipeta, se añadió al vaso de precipitado, la solución de coagulación (Policloruro de aluminio) de acuerdo a las dosis a ser probadas. Se mantuvo en constante agitación durante 1 minuto, seguidamente se añadió al vaso la solución floculante (Poliacrilamida).

La dosificación de Policloruro de aluminio a utilizar en cada prueba, se prepara utilizando la siguiente relación:

$Vi = Volumen\ del\ policloruro\ de\ aluminio\ a\ dosificar$

$Ci = Concentración\ de\ la\ solución\ de\ policloruro\ de\ aluminio\ inicial. (1\% = 10000\ ppm)$

$Vf = Volumen\ del\ agua\ residual\ a\ analizar. (1l = 1000\ ml)$

$Cf = Concentración\ deseada\ del\ policloruro\ de\ aluminio$

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$$

80 mg/l	100 mg/l	150 mg/l	200 mg/l
$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (80\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 8\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (100\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 10\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (150\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 15\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (200\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 20\ ml$

250 mg/l	300 mg/l	350 mg/l
$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (250\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 25\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (300\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 30\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (350\cancel{mg/l})}{10\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 35\ ml$

Y para la dosificación de polímero (poliacrilamida) a utilizar en las pruebas de jarras, se prepara utilizando la siguiente relación:

$Vi = Volumen\ del\ polímero\ a\ dosificar$

$Ci = Concentración\ de\ polímero\ inicial. (0.1\% = 1000\ ppm)$

$Vf = Volumen\ del\ agua\ residual\ a\ analizar. (1l = 1000\ ml)$

$Cf = Concentración\ deseada\ de\ polímero$

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$$

0.5 mg/l	1 mg/l
$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}ml) * (0.5\cancel{mg/l})}{1\ \cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 0.5\ ml$	$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$ $Vi = \frac{(1\cancel{000}\ ml) * (1\cancel{mg/l})}{1\cancel{000\ mg/l}}$ $Vi = 1\ ml$

b) Después de un período de agitación adecuado, se levantó las paletas agitadoras, esperando el tiempo determinado para que se produzca la sedimentación parcial del coágulo formado. Durante este período se observó las características físicas del coágulo, así como la velocidad relativa de sedimentación en los distintos vasos.

c) Aunque por las razones expuestas anteriormente acerca del equipo de prueba de jarras que se dispone, no es posible especificar concretamente los tiempos y velocidades de agitación convenientes, por experiencias se obtienen por lo general, buenos resultados con velocidades de100 revoluciones por minuto y con un período de agitación comprendido entre 5 y 30 minutos.

d) Al ser el equipo de prueba de jarras individual, se realizó los ensayos muestra por muestra, es decir, se repitió en las mismas condiciones el procedimiento antes descrito para cada alícuota de la muestra compuesta, el ensayo se constituyó de un total de 9 repeticiones pero con diferentes dosis de coagulante y floculante, de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Tabla 4. Dosis de Coagulante y Floculante.

MUESTRA	VOLUMEN DE COAGULANTE (ml)	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VOLUMEN DE FLOCULANTE (ml)	DOSIS FLOCULANTE (mg/l)
1	8	80	0,5	0,5
2	8	80	1	1
3	10	100	0,5	0,5
4	10	100	1	1
5	15	150	0,5	0,5
6	20	200	1	1
7	25	250	1	1
8	30	300	1	1
9	35	350	1	1

Elaboración: Mayra Buenaño.

El establecimiento de las dosis de coagulante y floculante a ser evaluados en los ensayos, se dio de acuerdo a la experiencia sobre plantas de aguas residuales de similares características (especialmente las relacionadas con el procesamiento de alimentos).

e) Para determinar la dosis óptima, se eligieron aquellos vasos que produjeron un coágulo compacto, no flotante, netamente visible a simple vista, y que sedimente con suficiente velocidad. El líquido existente entre las partículas de coágulo debe ser claro (un aspecto opalescente indica una coagulación defectuosa). Como requisitos adicionales, las dosis adecuadas deben dar una turbiedad y un color aceptablemente bajos; conviene además que el pH del agua tratada tenga un valor cercano al óptimo de la planta. La formación del floc de clasificó visualmente de acuerdo a las condiciones anteriores, en:

- No forma floc.
- Mala
- Regular
- Buena
- Muy Buena

f) De todas las dosis que cumplieron satisfactoriamente las condiciones anteriores, se eligió la más baja, la cual fue considerada como la dosis óptima del ensayo.

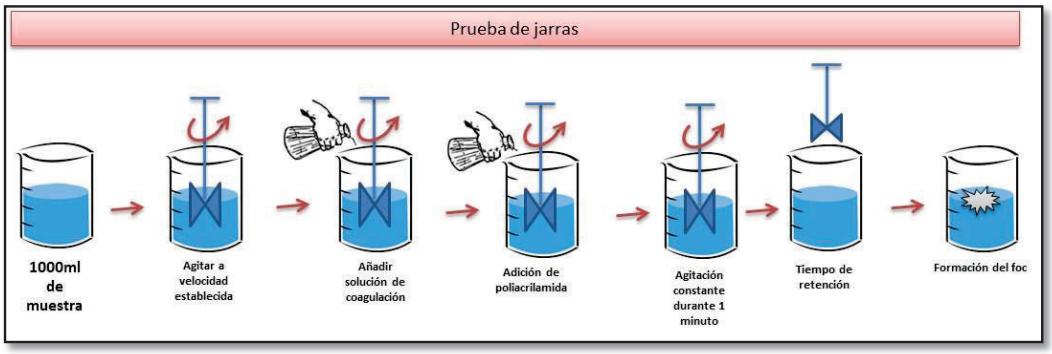


Gráfico 6. Prueba de Jarras

Los datos obtenidos durante la ejecución de los ensayos de prueba de jarras se encuentran en el Capítulo 4. Discusiones y Resultados, tabla 13.

3.4.1.2.2 Segunda Prueba.

Para la segunda prueba se realizó con la muestra compuesta tomada cada media, esta prueba siguió e ejecutó el procedimiento de la misma manera que la primera prueba, obteniéndose resultados similares a la primera prueba.

Los datos obtenidos durante la ejecución de los ensayos de prueba de jarras se encuentran en el Capítulo 4. Discusiones y Resultados, tabla 14.

3.4.1.2.3 Selección de la Dosis Óptima

La dosis óptima se determinó de acuerdo a la formación del floc, tanto para la primera prueba realizada con una muestra compuesta recolectada cada hora, como para la segunda prueba ejecutada con la muestra compuesta recogida cada media hora.

Con las dosis de 250 mg/l, 300 mg/l y 350 mg/l, se observa una formación de floc muy buena, es así que para el proceso de clarificación se opta por la dosis de 250 mg/l que se complementara en el siguiente proceso de tratamiento que es la filtración, por lo que no requiere la adición de una dosis mayor de coagulante, disminuyendo la compra de cantidad de químico y así los gastos de operación de la planta.

3.4.2 SIMULACIÓN DE PROCESOS

Con los resultados obtenidos en las pruebas de jarra para la determinación de la dosis óptima, se realizan las pruebas piloto en el laboratorio, simulando los procesos de tratamiento que se aplicaría a las descargas líquidas de la empresa envasadora de leche.

Previo a las simulaciones, se realizó la toma de la muestra en alícuotas de un litro cada media hora del tanque de homogenización de 13 m^3 que se encontraba

previamente instalado con un motor reductor mezclador de 250 RPM, y se lo depositó en un tanque plástico para formar la muestra compuesta. Esta muestra es homogenizada con todas las alícuotas de agua cruda tomadas durante el día.

Se realizó la medición del pH, cuyo valor fue de 7.6, posteriormente se tomó 2 galones de muestra de agua cruda y se ejecutaron las 2 simulaciones.

Cabe resaltar que para las simulaciones se descartó el uso de la solución floculante (Poliacrilamida), por no requerirse debido a que no existe un aporte importante de floculante en el proceso de floculación, además la adición de este compuesto generaría el aumento en los costos de operación de la planta.

3.4.2.1 Clarificación. Primera simulación realizada en el laboratorio.

La muestra de agua cruda tomada del tanque de homogenización, se la somete a los procesos únicamente de clarificación, con la dosis optima de solución coagulante (Policloruro de Aluminio) determinada en la prueba de jarras, de 250 mg/l.

La simulación se lo realizó con la prueba de jarras, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Se homogeniza el galón del agua cruda, agitándolo para suspender las partículas que se hayan asentado.
2. Se coloca 1 litro de agua cruda en el vaso de precipitado de 1000 ml y se pone en marcha el agitador a la velocidad de 100 RPM, seguidamente se añade al vaso la dosis óptima determinada de 250 mg/l de solución coagulante (Policloruro de aluminio) y se lo deja mezclar por 1 min.
3. Después del tiempo determinado se detiene la agitación, se levantan las paletas agitadoras, y se espera por 30 min para que se produzca la sedimentación del coágulo formado.

4. Se vierte a un recipiente previamente esterilizado, la fase liquida sobrenadante del vaso de precipitado.
5. Se realiza el mismo procedimiento por tres ocasiones con los tres litros restantes del galón de la muestra de agua cruda a las mismas condiciones.
6. Se mezcla en un solo recipiente los cuatro litros de agua que han sido sometidos al proceso de coagulación, se tapa, sella y refrigera y son enviados al laboratorio para su respectivo análisis, tomando en consideración las medidas de seguridad de muestreo para que la muestra se conserve y no se vean afectados los análisis de laboratorio.

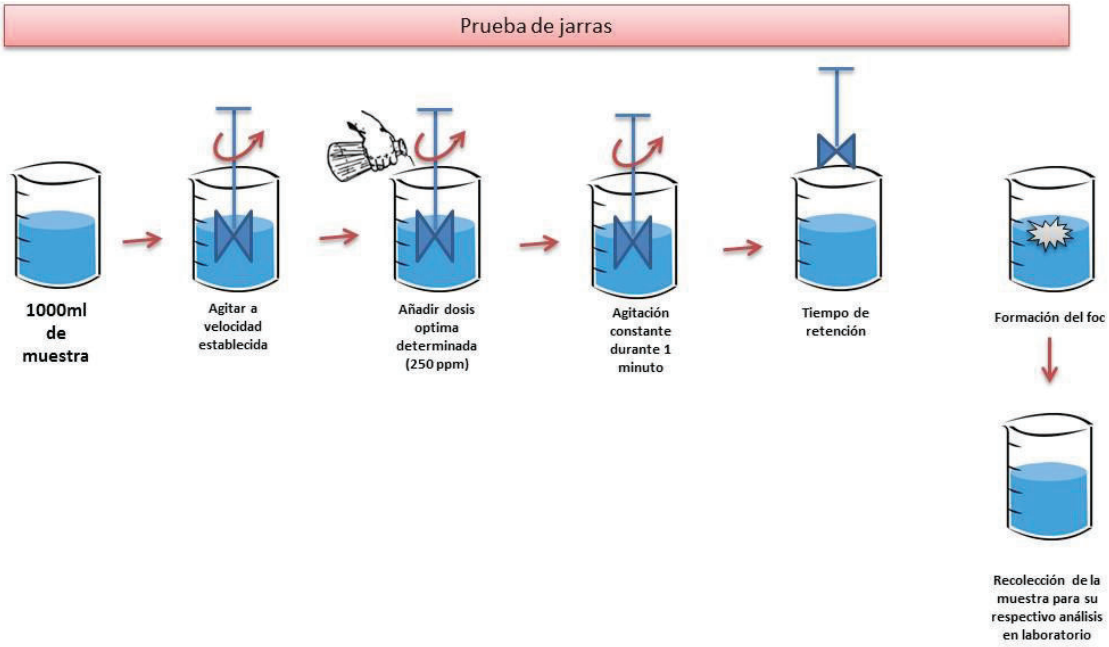


Gráfico 7. Simulación para el proceso de clarificación.

Es importante mencionar, que por políticas del laboratorio acreditado de análisis de agua, y por normas tanto nacionales como internacionales, el volumen mínimo a ser llevado para su análisis en el laboratorio es de 4 litros, es por esta razón que se utiliza dicho volumen en las pruebas piloto.

3.4.2.2 Clarificación con aireación. Segunda simulación realizada en el laboratorio.

Para la segunda simulación que comprende dos procesos, clarificación y aireación, para el primer proceso se realiza con la prueba de jarras, y para el segundo proceso se utiliza aire comprimido, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Se homogeniza el galón del agua cruda, agitándolo para suspender las partículas que se hayan asentado.
2. Se coloca 1 litro de agua cruda en el vaso de precipitado de 1000 ml y se pone en marcha el agitador a la velocidad de 100 RPM, seguidamente se añade al vaso los 250 mg/l de solución coagulante (Policloruro de aluminio).
3. Después de un período de agitación adecuado, se levantan las paletas agitadoras, esperando el tiempo suficiente para que se produzca la sedimentación del coágulo formado.
4. Se vierte a un recipiente previamente esterilizado, la fase liquida sobrenadante del vaso de precipitado.
5. Se realiza el mismo procedimiento por tres ocasiones con los tres litros restantes del galón de la muestra de agua cruda.
6. Se mezcla en un solo recipiente los cuatro litros de agua que han sido sometidos al proceso de coagulación.
7. A los cuatro litros de la muestra compuesta y clarificada, se le introduce aire comprimido libre de aceites y pasado por una unidad de mantenimiento, es decir, que cuenta con una alta pureza, durante un tiempo de 12 horas.
8. Una vez finalizada las 12 horas de aireación a la que se somete la muestra, seguidamente se tapa, sella, refrigera y se envía al laboratorio para su respectivo análisis, tomando en consideración las medidas adecuadas de muestreo para que la muestra se conserve y no se vean afectados los análisis de laboratorio.

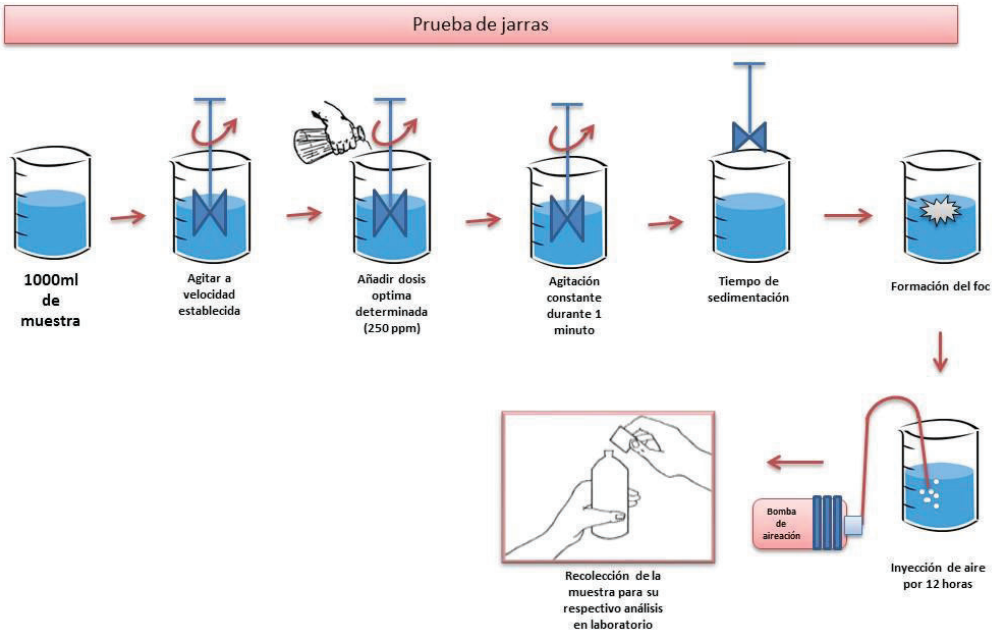


Gráfico 8. Simulación para el proceso de clarificación más aireación.

El análisis de los resultados de laboratorio se presenta en el literal 4.3. *Resultados de Laboratorio de las muestras simuladas.*

3.5 ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

A continuación se plantean alternativas de tratamiento que permitan disminuir los valores de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos, de las aguas residuales de una industria láctea. El planteamiento de varias alternativas para el tratamiento de los efluentes residuales es necesario para que puedan ser estudiadas por la gerencia de la empresa.

Con los resultados reportados por el laboratorio de las simulaciones realizadas, se hará el análisis para definir el tratamiento óptimo de las aguas residuales de la empresa envasadora de lácteos, y de acuerdo a los aspectos económicos de la empresa se definirá la propuesta final de la planta de tratamiento.

Las alternativas que se plantean a continuación pueden ser modificadas parcialmente, de acuerdo a la necesidad de la Empresa envasadora de leche, además de los aspectos económicos y el espacio físico disponible.

3.5.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS

Como alternativas de tratamiento se consideraron las siguientes:

- Primera alternativa (alternativa 1), el tratamiento por clarificación.
- Segunda alternativa (alternativa 2), proceso de clarificación seguido de la filtración.
- Tercera alternativa (alternativa 3), El proceso de clarificación y filtración más aireación
- Cuarta alternativa (alternativa 4), la implementación de una torre de enfriamiento y la utilización de reguladores de pH como acondicionamiento del agua previo el tratamiento: clarificación, aireación y filtración.

A continuación se presentan cuatro diagramas, que muestran las alternativas:

Alternativa 1:

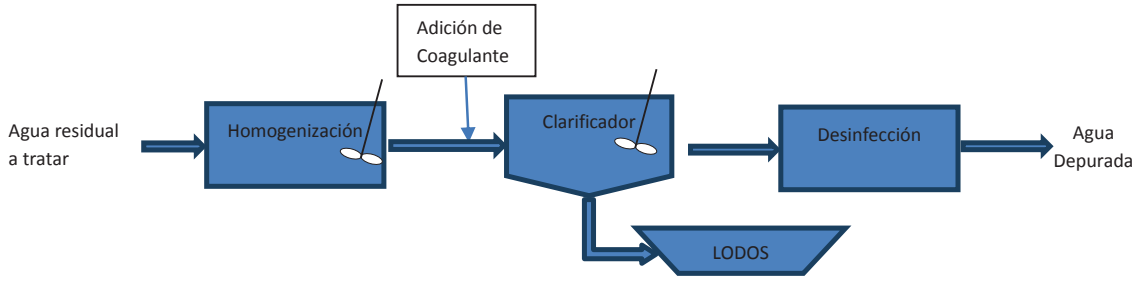


Gráfico 9. Alternativa 1

Tabla 5. Descripción de los Procesos. Alternativa 1

Descarga líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Secado de Lodos	Desinfección	Disposición Final de las descargas líquidas
Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma.	El objetivo de es estabilizar el pH fluctuante y homogenizar el caudal entrante a la planta.	Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba de Jarras)	Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.	La materia sedimentada (principalmente Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.	Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)	El Agua tratada con valores de DBO, DQO, por debajo de la norma, son descargados al sistema de alcantarillado público.

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Alternativa 2:

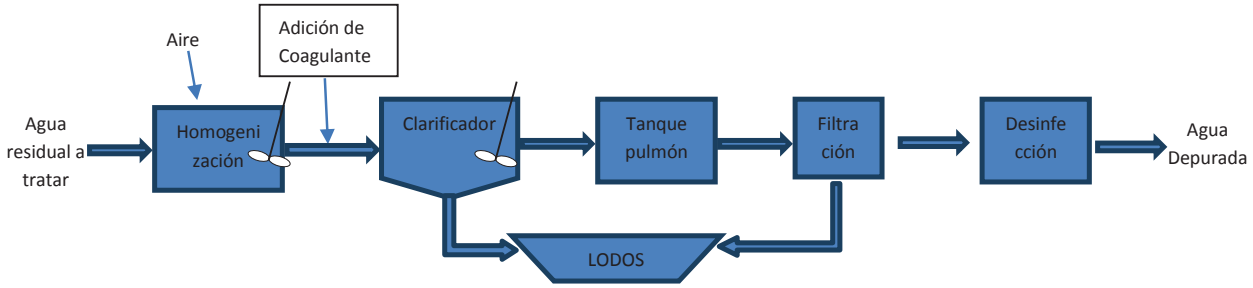


Gráfico 10. Alternativa 2

Tabla 6. Descripción de los Procesos. Alternativa 2

Descarga líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección	Disposición Final de las descargas líquidas
Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma.	El objetivo de es disminuir la temperatura) del agua residual, estabilizar el pH fluctuante y homogenizar el caudal entrante a la planta. Tanque con	Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determina da en la	Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentaci	El agua sedimentad a es almacenad a en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen	La materia sedimentada (principalment e Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los	Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganism os (Coliformes totales y	El Agua tratada presenta valores de DBO, DQO, SST por debajo de la norma y son descargados al sistema

Descarga líquida de la empresa	Proceso de Homogenización	Adición de Coagulante	Clarificador	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección	Disposición Final de las descargas líquidas
	camisa de refrigeración. Se inyecta aire comprimido sin regulación, no se mide presión ni caudal de aire.	prueba de Jarras)	ón toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.	constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.	lodos antes de ser llevados a su disposición final.	fecales)	de alcantarillado público.

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Alternativa 3:

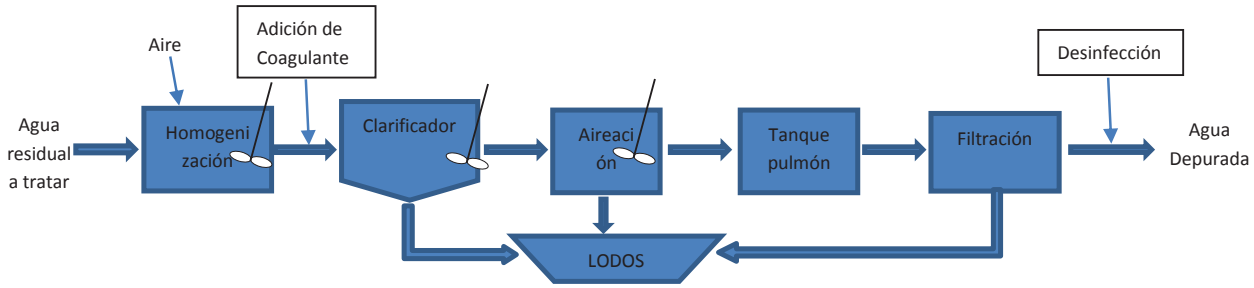


Gráfico 11. Alternativa 3

Tabla 7. Descripción de los Procesos. Alternativa 3

Descargas líquida de la empresa	Proceso de Homogeni-zación	Adición de Coagulante	Clarificador	Aireación	Filtración	Secado de Lodos	Desinfección y disposición final
Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma. Además posee valores de Temperatura elevados y pH fluctuante.	El objetivo de es estabilizar el pH fluctuante, disminuir la temperatura del efluente y homogenizar el caudal entrante a la planta. Se inyecta aire comprimido sin regulación, no se mide presión ni caudal de aire.	Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba de Jarras)	Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas.	El agua sedimentada es almacenada en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.	La materia sedimentada (principalmente Materia orgánica) es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.	Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Alternativa 4:

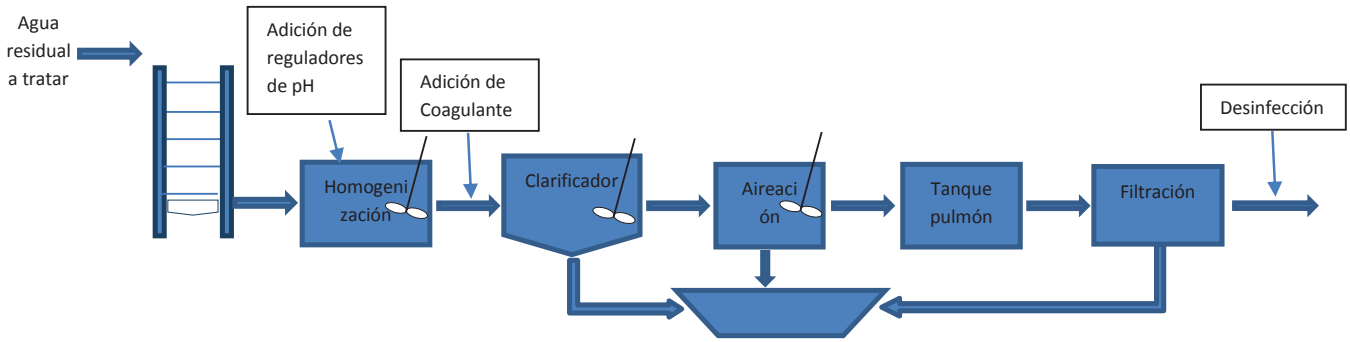


Gráfico 12. Alternativa 4

Tabla 8. Descripción de los Procesos. Alternativa 4

Descargas líquida de la empresa	**Torre de enfria-miento**	**Proceso de Homogeni-zación**	**Adición de Coagulante**	**Clarificador**	**Aireación**	**Filtración**	**Secado de Lodos**	**Desinfec-ción y disposición final**
Contiene valores de DBO, DQO y SST, que superen los límites permisibles de la norma. Además posee valores de Temperatura elevados y pH fluctuante.	El principal objetivo es la disminución de la temperatura del agua a tratar.	El objetivo de es estabilizar el pH fluctuante (mediante la adición de bases o ácidos) y homogenizar el caudal entrante a la planta.	Compuesto utilizado: Policloruro de Aluminio, en una dosis de 250 mg/l (determinada en la prueba de Jarras)	Tanque en el cual se añade el coagulante y se realiza la mezcla por 5 minutos. El Proceso de sedimentación toma un tiempo de 30 min. Remoción de DBO, DQO, y parte de SST.	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas	El agua sedimentada es almacenada en un tanque pulmón el cual mantiene un volumen constante de agua, para ser bombeado a los filtros rápidos.	La materia sedimentada (principalmente Materia orgánica), es llevada a una cama de lodos, cuyo objetivo, es el secado de los lodos antes de ser llevados a su disposición final.	Para la desinfección se utiliza Hipoclorito de Sodio, este proceso elimina gran parte de microorganismos (Coliformes totales y fecales)

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

CAPITULO 4

4 DISCUSIONES Y RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO REALIZADOS EN ENERO, ABRIL Y JULIO DEL 2012.

La empresa envasadora de leche, durante el año 2012, realizó 3 monitoreos de la calidad del agua de sus descargas líquidas que son conducidas hacia el sistema de alcantarillado, con la información obtenida se pudo caracterizar las descargas.

En enero del 2012, la empresa realizó el primer muestreo a las descargas líquidas provenientes de los procesos de lavado de tanques, canastas, tubería etc., estas descargas líquidas fueron recogidas mediante un canal que atraviesa la planta envasadora por los sectores donde se realizan dichos procesos y conducidas hacia la caja de revisión que descarga las aguas al sistema de alcantarillado.

Los resultados de laboratorio arrojaron los siguientes valores:

Tabla 9. Resultados reportados por el Laboratorio (Enero 2012)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MUESTREO ENERO 2012	*Límite Máximo Permisible
DBO_5	mg/l	205	250
DQO	mg/l	615	500
Sólidos Suspendidos	mg/l	261	220
Índice de Coliformes fecales	NMP/100ml	1,8	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público

NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible

FUENTE: Empresa envasadora de Leche

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

En las tablas 10 y 11, se indican los resultados de las muestras tomadas los meses de abril y julio del 2012 respectivamente. El tipo de muestreo fue compuesto y lo realizaron directamente de la caja de revisión que descarga las aguas provenientes del proceso de envasado al sistema de alcantarillado.

Del muestreo realizado en abril del 2012, se reportan los siguientes valores:

Tabla 10. Resultados reportados por el Laboratorio (Abril 2012)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MUESTREO ABRIL 2012	*Límite Máximo Permisible
Cobre	mg/l	<0,030	1
pH		12,05	5-9
Temperatura	°C	15,4	<40
Aceites y Grasas	mg/l	7,1	100
DBO_5	mg/l	238	250
DQO	mg/l	507	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	35	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	241	220
Sólidos Totales	mg/l	1230	1600
Color aparente	u.c Pt-Co	145	NR-LMP
Sulfuros	mg/l	0,212	1
Índice de coliformes fecales	NMP/100ml	<1,8	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público

NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible

FUENTE: Empresa envasadora de Leche

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Del muestreo compuesto realizado en julio del 2012, se reportan los siguientes resultados:

Tabla 11. Resultados reportados por el Laboratorio (Julio 2012)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MUESTREO JULIO 2012	*Límite Máximo Permisible
Cobre	mg/l	<0,030	1
pH		7,84	5-9

DETERMINACIÓN	UNIDADES	MUESTREO JULIO 2012	*Límite Máximo Permisible
Temperatura	°C	16,4	<40
Aceites y Grasas	mg/l	19	100
DBO_5	mg/l	110	250
DQO	mg/l	138	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,7	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	901	220
Sólidos Totales	mg/l	1111	1600
Color aparente	u.c Pt-Co	47,8	NR-LMP
Sulfuros	mg/l	0,273	1
Índice de coliformes fecales	NMP/100ml	$2,4X10^6$	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público

NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible

FUENTE: Empresa envasadora de Leche

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

En la tabla 12 se puede observar la comparación de los análisis efectuados a las descargas liquidas de la envasadora durante los meses de enero, abril y julio del 2012, confrontados con los límites máximos permisibles para la descarga al sistema de alcantarillado público del Libro VI Anexo I del TULAS.

Tabla 12. Comparación de resultados Enero, Abril y Julio 2012.

TERMINACIÓN	UNIDADES	MUESTREOS			*Límite Máximo Permisible
		ENERO 2012	ABRIL 2012	JULIO 2012	
Cobre	mg/l	-	<0,030	<0,030	1
pH		-	12,05	7,84	5-9
Temperatura	°C	-	15,4	16,4	<40
Aceites y Grasas	mg/l	-	7,1	19	100
DBO5	mg/l	205	238	110	250
DQO	mg/l	615	507	138	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	-	35	0,7	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	261	241	901	220
Sólidos Totales	mg/l	-	1230	1111	1600
Color aparente	u.c Pt-Co	-	145	47,8	NR-LMP
Sulfuros	mg/l	-	0,212	0,273	1
Índice de Coliformes fecales	NMP/100ml	1.8	<1,8	$2,4X10^6$	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
NR-LMP: No Registra Límite Máximo
Permisible.
FUENTE: Empresa envasadora de Leche
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Se estima que variaron los parámetros de pH, DBO, Sólidos Sedimentables y Sólidos suspendidos en los diferentes meses por diversos motivos, como son: el uso de diferentes productos químicos de limpieza para el lavado de las instalaciones, la optimización de los procesos de envasado de la empresa, el mantenimiento de estructuras y equipos, etc., que hayan coincidido en las fechas que se realizaron la toma de muestras.

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE EXCEDEN LA NORMA.

4.1.1.1 El pH:

En los análisis reportados por el laboratorio de los meses de Abril y Julio, se poseen valores bien distantes entre sí. El pH de la muestra tomada en Abril 2012 posee un valor alto de 12.05, presumiblemente por el uso de productos de limpieza en el habitual desarrollo de los procesos de lavado, sobrepasando de esta manera el Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del TULAS. Con respecto a la muestra tomada en julio del 2012, el valor del pH es de 7.84, manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles.

Al ser la muestra tomada directamente de la descarga de la envasadora y no después del tanque de homogenización, esta muestra va a estar influencia por las actividades que se realizan en el momento, por ejemplo la limpieza de los tanques con sosa caustica, esto es reflejado en los análisis de físico químicos con cambios bruscos del pH.

4.1.1.2 Demanda Química de Oxigeno (DQO):

De acuerdo con el parámetro medido de DQO (Demanda Química de Oxígeno), el valor de las muestras recolectadas y analizada en enero y abril del 2012 es de

615 mg/l y 507 mg/l respectivamente, estos valores superan el límite Máximo permisible de acuerdo a la tabla 11 del TULAS, lo cual era de esperarse porque este componente mide la cantidad de materia orgánica presente en el agua susceptible de ser oxidada.

La DQO se relaciona con la carga contaminante, ya sea esta biodegradable o no, por tanto, es un indicativo de la calidad del agua que es descargada por la empresa envasadora.
El incremento de la concentración de estos parámetros (DBO o DQO), incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos.

Respecto a la muestra tomada en julio 2012, se observa que el valor es menor al de la muestra tomada en abril 2012, siendo este de 138 mg/l, que se puede atribuir a que la muestra tomada el abril se la hizo después de alguna optimización en los procesos de la empresa envasadora que causó la disminución de materia orgánica en los vertidos y por ende una disminución en la concentración de DBO y DQO.

4.1.1.3 Sólidos sedimentables:

Los sólidos sedimentables presentes en la muestra de abril 2012, presenta un valor de 35 mg/l, el cual se encuentra por encima del Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del TULAS, la presencia de estos sólidos sedimentables está dado por la cantidad de sólidos que sedimentan en un tiempo determinado y esto se debe a las grandes cantidades de residuo líquido que acarrean mayormente leche diluida, grasas, crema y suero, sólidos desprendidos durante el proceso de lavado de tanques, tuberías, canastas, etc. La muestra tomada en Julio 2012 presenta un valor de 0.7 mg/l, la cual se encuentra por debajo del límite máximo permisible.

4.1.1.4 Sólidos suspendidos (SST).

Con respecto a los sólidos suspendidos, las muestra tomada en enero, abril y julio 2012, presentan valores de 261mg/l, 241 mg/l y 901mg/l respectivamente, con estos valores se puede observar que este parámetro supera el Límite Máximo permisible de acuerdo a la tabla 11 del TULAS, siendo este el principal contaminante de las descargas que realiza la empresa envasadora.

El incremento de SST hace que un cuerpo de agua pierde calidad, por ende, la capacidad de contener en ella vida acuática.

4.2 RESULTADOS DE LAS PRUEBA DE JARRAS

4.2.1 OBTENCIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA

Las pruebas de jarras realizadas para la determinación de la dosis óptima en la muestra compuesta tomada cada hora, presentaron los siguientes resultados:

Tabla 13. Resultados de la Prueba de Jarras (muestras tomadas cada hora)

MUESTRA COMPUESTA CADA HORA								
Nº	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (rpm)	DOSIS FLOCULANTE (mg/l)	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)	FORMACION DE FLOCS	TIEMPO DE SEDIMENTACION (min)	CLARIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	80	100	0,5	S/F	NO	NO	NO	
2	80	100	1	S/F	NO	NO	NO	
3	100	100	0,5	4	Mala	10	NO	
4	100	100	1	4	Mala	10	NO	
5	150	100	0,5	3	Regular	8	Regular	Floc flotan
6	200	100	1	3	Regular	7,6	Regular	Floc flotan
7	250	100	1	2	Buena	5	Buena	Flotación floc mínima
8	300	100	1	1	Muy Buena	3	Muy Buena	Sin Flotación de floc
9	350	100	1	1	Muy Buena	2,5	Muy Buena	

S/F: Sin Floculación

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

La segunda prueba ejecutada se la realizó con la muestra compuesta tomada cada media hora, siguiendo el mismo procedimiento de la primera prueba, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 14. Resultados de la Prueba de Jarras (muestras tomadas cada media hora)

MUESTRA COMPUESTA CADA MEDIA HORA								
Nº	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (rpm)	DOSIS FLOCULANTE (mg/l)	Tiempo de Floculación (min)	FORMACIÓN DE FLOCS	TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN (min)	CLARIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	80	100	0,5	S/F	NO	NO	NO	
2	80	100	1	S/F	NO	NO	NO	
3	100	100	0,5	4	Mala	10	NO	
4	100	100	1	4	Mala	10	NO	
5	150	100	0,5	3	Regular	8	Regular	Floc flotan
6	200	100	1	3	Buena	5	Buena	Floc flotan
7	250	100	1	2	Muy Buena	3	Muy Buena	Flotación floc mínima
8	300	100	1	1	Muy Buena	2	Muy Buena	Sin Flotación de floc
9	350	100	1	1	Muy Buena	2	Muy Buena	

S/F: Sin Floculación
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Con los datos obtenidos durante los ensayos tanto para la primera prueba realizada con una muestra compuesta recolectada cada hora, como para la segunda prueba ejecutada con la muestra compuesta recogida cada media hora, se observó que para una muy buena formación del Floc, con dosis que se encuentra comprendida entre 250 mg/l a 350 mg/l de Policloruro de Aluminio.

A continuación se indica un resumen de las muestras que reportaron resultados favorables en la formación del Floc.

Tabla 15. Resumen de resultados de las Pruebas de Jarras

MUESTRA	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (rpm)	DOSIS FLOCULANTE (mg/l)	TIEMPO DE FLOCULACIÓN (min)	FORMACIÓN DE FLOCS	TIEMPO DE SEDIMENTACION (min)	CLARIFICACIÓN	OBSERVACIONES
MUESTRA COMPUESTA CADA HORA								
8	300	100	1	1	Muy Buena	3	Muy Buena	Sin Flotación de floc
9	350	100	1	1	Muy Buena	2,5	Muy Buena	
MUESTRA COMPUESTA CADA MEDIA HORA								
7	250	100	1	2	Muy Buena	3	Muy Buena	Flotación floc mínima

8	300	100	1	1	Muy Buena	2	Muy Buena	Sin Flotación de floc
9	350	100	1	1	Muy Buena	2	Muy Buena	

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

De acuerdo a los resultados cualitativos sobre la formación del floc mostrados en los ensayos, la dosis óptima para la solución auxiliar de floculación (Poliacrilamida), es de 1 mg/l, este volumen utilizado nos presenta una formación del floc de buena a muy buena para el rango de la dosis óptima del coagulante.

Con el fin de disminuir los gastos de operación de la planta y al obtener resultados similares con las dosis de 250 mg/l, 300mg/l y 350 mg/l de la solución coagulantes, se seleccionó la dosis más baja como dosis óptima del ensayo.

Con una dosis de 250 mg/l de Policloruro de aluminio (solución coagulante) adicionado a la muestra de agua de la empresa envasadora de leche, se observa una formación de floc va de buena a muy buena, con un tiempo de sedimentación de 2 a 3 minutos, sin presencia o presencia mínima de flotación del floc.

Observado los resultados que se obtuvieron con el auxiliar de floculación (poliacrilamida), se consideró que únicamente con la solución coagulante se alcanzará los resultados esperados para el objetivo propuesto, cumplir con los límites máximos permisibles, tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. "*Límite de descarga al sistema de alcantarillado público"* y cumplan la normativa vigente.

4.2.2 RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE SIMULACIÓN

Durante el procedimiento de la Simulación del Proceso de Clarificación se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. Resultados de la Prueba de Jarras en los procesos de Simulación Sin aireación

MUESTRA	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (RPM)	CLARIFICACIÓN (Por observación de la formación del floc)
1	250	100	Muy Buena

MUESTRA	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (RPM)	CLARIFICACIÓN (Por observación de la formación del floc)
2	250	100	Muy Buena
3	250	100	Buena
4	250	100	Muy Buena

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

En la segunda simulación, procesos de clarificación más aireación, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 17. Resultados de la Prueba de Jarras en los procesos de clarificación más aireación

MUESTRA	DOSIS COAGULANTE (mg/l)	VELOCIDAD MEZCLA (RPM)	CLARIFICACIÓN (Por observación)	TIEMPO AIREACIÓN
1	250	100	Muy Buena	Se somete a aireación durante 12 horas
2	250	100	Muy Buena	
3	250	100	Buena	
4	250	100	Muy Buena	

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

4.3 RESULTADOS DE LABORATORIO DE LAS MUESTRAS SIMULADAS

Como línea base de los parámetros físico-químicos para la evaluación de los procesos de tratamiento simulados en el laboratorio, se tomaron los resultados reportados por el laboratorio Acreditado de la Universidad Central del Ecuador (OSP), de la muestra cuyo código es LECHE 2 (Ver Anexo 1).

Los resultados de la muestra LECHE 2 (Ver anexo 1), corresponden a la muestra compuesta tomada a la salida del tanque de homogenización de 13 m^3, la cual fue recolectada y depositada en un recipiente de 4 litros y conservada a 4 ºC, para su envío al Laboratorio Acreditado.

Los análisis de calidad del agua reportados de la muestra LECHE 1 (ver anexo 1), corresponde a la muestra que fue sometida únicamente a clarificación en las simulaciones de laboratorio.

Y los análisis de calidad del agua reportados de la muestra LECHE 3 (ver anexo 1), corresponden a la muestra que fue sometida a simulación de los procesos de clarificación y aireación.

Las muestras recogidas de las dos simulaciones fueron enviadas al laboratorio acreditado para que sean analizadas.

ROTULACION DE MUESTRA	SIMULACIÓN
LECHE 2	NINGUNA (LINEA BASE)
LECHE 1	CLARIFICACIÓN
LECHE 3	CLARIFICACIÓN MÁS AIREACIÓN

Los informes de laboratorio de la muestra LECHE 2, que se la consideró como línea base, reportan los siguientes resultados:

Tabla 18. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 2)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	*Límite Máximo Permisible
		LECHE 2	
DBO_5	mg/l	318	250
DQO	mg/l	997	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	<0.1	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	516	220
Sólidos Totales	mg/l	1166	1600
Sulfuros	mg/l	0.57	1
Color	HAZEN	1145	NR-LMP
pH		6.6	5-9
Temperatura	°C	20.1	<40
Sólidos Disueltos		584	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible.
FUENTE: Empresa envasadora de Leche
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

4.3.1 CLARIFICACIÓN. RESULTADOS DE LABORATORIO

El uso de la solución coagulante a una dosis de 250 mg/l, es suficiente para el tratamiento que se desea dar a las descargas liquidas. Aplicando esta dosis en las pruebas de jarras se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 1)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	*Límite Máximo Permisible
		LECHE 1	
DBO_5	mg/l	171	250
DQO	mg/l	326	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	8.0	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	238	**220**
Sólidos Totales	mg/l	844	1600
Sulfuros	mg/l	0.027	1
Color	HAZEN	375	NR-LMP
pH		8.9	5-9
Temperatura	°C	20.1	<40
Sólidos Disueltos		583	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible.
FUENTE: Empresa envasadora de Leche
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

4.3.2 CLARIFICACIÓN Y AIREACIÓN. RESULTADOS DE LABORATORIO

Una vez simulado los procesos de clarificación y aireación se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20. Resultados de Laboratorio comparado con la normativa (LECHE 3).

DETERMINACIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	*Límite Máximo Permisible
		LECHE 3	
DBO_5	mg/l	113	250
DQO	mg/l	340	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	9.0	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	240	**220**
Sólidos Totales	mg/l	825	1600
Sulfuros	mg/l	0.45	1
Color	HAZEN	342	NR-LMP
pH		7.1	5-9
Temperatura	°C	20.1	<40
Sólidos Disueltos		557	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible.

FUENTE: Empresa envasadora de Leche
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

A continuación se muestra una tabla con los valores de los parámetros de la línea base (leche 2), comparados con los valores obtenidos en las 2 simulaciones (Clarificación y Clarificación más aireación).

Tabla 21. Comparación de los Resultados de Laboratorio de las muestras LECHE 2, LECHE 1 Y LECHE 3.

DETERMINACIÓN	UNIDADES	DESCRIPCIÓN			*Límite Máximo Permisible
		LECHE 2 (AGUA CRUDA)	LECHE 1 (CLARIFICADA)	LECHE 3 (CLARIFICACIÓN Y AIREACIÓN)	
DBO_5	mg/l	318	171	113	250
DQO	mg/l	997	326	340	500
Sólidos Sedimentables	ml/l	<0.1	8.0	9.0	20
Sólidos Suspendidos	mg/l	516	238	240	220
Sólidos Totales	mg/l	1166	844	825	1600
Sulfuros	mg/l	0.57	0.027	0.45	1
Color	HAZEN	1145	375	342	NR-LMP
pH		6.6	8.9	7.1	5-9
Temperatura	°C	20.1	20.1	20.1	<40
Sólidos Disueltos		584	583	557	NR-LMP

*Límite Máximo Permisible de acuerdo a la tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
NR-LMP: No Registra Límite Máximo Permisible.

FUENTE: Empresa envasadora de Leche

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

En base a los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de la muestra LECHE 2 (línea base), se establece que los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles indicados en la legislación ambiental vigente (T.U.L.A.S Libro VI, anexo 1) son: ***DBO_5, DQO y Sólidos Suspendidos*.**

Los procesos que pueden ser implementados en la planta de tratamiento son: Clarificación o Clarificación más Aireación, ya que se obtienen resultados favorables con estos procesos.

4.3.3 ANÁLSIS DE PORCENTAJE DE EFICIENCIA DE LOS DOS PROCESOS SIMULADOS EN EL LABORATORIO. CLARIFICACIÓN Y CLARIFICACIÓN MÁS AIREACIÓN.

Es importante realizar el análisis del porcentaje de eficiencia de remoción para saber en qué porcentaje son eficientes los procesos simulados en el laboratorio.

La eficiencia de la remoción en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por la siguiente ecuación:

$$\%Eficiencia = \left(1 - \frac{Cs}{Ce}\right) * 100\%$$

Donde,

$Cs = Concentración\ de\ salida$

$Ce = Concentración\ de\ entrada$

$\%Eficiencia = Eficiencia\ de\ remoción\ del\ tratamiento$

Para el cálculo de la eficiencia de remoción se toma la relación entre la concentración de los parámetros físico-químicos del agua después del tratamiento aplicado y la concentración de los parámetros del agua cruda.

En el presente proyecto se calculó la eficiencia con las concentraciones de los parámetros físico-químicos:

1. DBO5
2. DQO
3. Sólidos Suspendidos
4. Sólidos Totales
5. Sulfuros
6. Color

Entre:

1.- El agua cruda (LECHE 2) y el agua que ha recibido tratamiento de clarificación (LECHE 1).

2.- El agua cruda (LECHE 2) y el agua que ha recibido tratamiento de clarificación más aireación (LECHE 3).

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN: AGUA CRUDA (LECHE 2) Y AGUA CLARIFICADA (LECHE 1)

$$\%Eficiencia\ DBO5 = \left(1 - \frac{171}{318}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ DQO = \left(1 - \frac{326}{997}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sólidos\ Suspendidos) = \left(1 - \frac{238}{516}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sólidos\ Totales) = \left(1 - \frac{844}{1166}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sulfuro) = \left(1 - \frac{0.027}{0.57}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Color) = \left(1 - \frac{375}{1145}\right) * 100\%$$

Tabla 22. Concentraciones y porcentajes de remoción de las muestras LECHE 2 y LECHE 1

% de Remoción de contaminantes con el proceso de clarificación			
Parámetro	Concentraciones (mg/l)		% de Remoción de contaminantes
	LECHE 2	LECHE 1	
DBO_5	318	171	46.23
DQO	997	326	67.30
Sólidos Suspendidos	516	238	53.88
Sólidos Totales	1166	844	27.62
Sulfuros	0.57	0.027	95.26
Color (HAZEN)	1145	375	67.24

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

% Remoción Promedio	59.59%

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE REMOCIÓN: AGUA CRUDA (LECHE 2) Y AGUA CLARIFICADA (LECHE 3)

$$\%Eficiencia\ DBO5 = \left(1 - \frac{113}{318}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ DQO = \left(1 - \frac{340}{997}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sólidos\ Suspendidos) = \left(1 - \frac{240}{516}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sólidos\ Totales) = \left(1 - \frac{825}{1166}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Sulfuro) = \left(1 - \frac{0.45}{0.57}\right) * 100\%$$

$$\%Eficiencia\ (Color) = \left(1 - \frac{342}{1145}\right) * 100\%$$

Tabla 23. Concentraciones y porcentajes de remoción de las muestras LECHE 2 y LECHE 3.

% de Remoción de contaminantes con el proceso de clarificación más aireación			
Parámetro	Concentraciones (mg/l)		% de Remoción de contaminantes
	LECHE 2	LECHE 3	
DBO_5	318	113	64.47
DQO	997	340	65.90
Sólidos Suspendidos	516	240	53.49
Sólidos Totales	1166	825	29.25
Sulfuros	0.57	0.45	21.05
Color (HAZEN)	1145	342	70.13

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

% Remoción Promedio	**50.72 %**

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el proceso simulado de Clarificación posee una eficiencia del 59.59 % con respecto al proceso simulado de clarificación más aireación, que posee un porcentaje de eficiencia del 50.72%. Siendo la simulación del tratamiento con el proceso de Clarificación, más eficiente que la simulación que se llevó a cabo los dos proceso, Clarificación más aireación.

4.4 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Las alternativas planteadas en el capítulo 3, se definieron de acuerdo a los parámetros físico – químicos: ***DBO_5, DQO y Sólidos Suspendidos,*** de la muestra línea base (LECHE 2), que sobrepasan los límites máximos permisibles indicados en la legislación ambiental vigente (T.U.L.A.S Libro VI, anexo 1). A continuación en la siguiente tabla se resumen los procesos y operaciones propuestos:

Tabla 24. Comparación de las alternativas

Procesos/alternativas	ALERNATIVA 1	ALERNATIVA 2	ALERNATIVA 3	ALERNATIVA 4
Proceso para la regulación de pH	Regulación por tanque de homogenización	Regulación por tanque de homogenización.	Regulación por tanque de homogenización.	Adición de reguladores de pH.
Proceso para la regulación de Temperatura	Aireación en el tanque de homogenización	Aireación en el tanque de homogenización	Aireación en el tanque de homogenización	Mediante Torre de enfriamiento
Procesos para la remoción de materia orgánica (SST/DBO/DQO) y Clarificación (sedimentación).	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test	Coagulación por adición de Coagulante Policloruro de aluminio, según la dosis óptima determinada mediante el test

Procesos/alternativas	ALERNATIVA 1	ALERNATIVA 2	ALERNATIVA 3	ALERNATIVA 4
	de jarras. Mezcla rápida.	de jarras. Mezcla rápida.	de jarras. Mezcla rápida.	de jarras. Mezcla rápida.
Oxigenación del agua y sedimentación (Aireación)	No Aplica	No Aplica	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas. Mediante la utilización de mezcladores.	Reposición de oxígeno, y sedimentación de partículas pequeñas y densas. Mediante la utilización de mezcladores.
Optimización del tratamiento. (remoción de sólidos suspendido y sedimentables)	No aplica	Filtración mediante filtros rápidos.	Filtración mediante filtros rápidos.	Filtración mediante filtros rápidos.
Eliminación de Coliformes (Desinfección)	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.	Desinfección mediante la aplicación de hipoclorito de Sodio (10%) al final del proceso.
Tratamiento de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos	Camas de Secado de Lodos

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

A continuación, se explicará a detalle la descripción de los procesos y operaciones según las alternativas de planta de tratamiento para la depuración de las descargas líquidas:

4.4.1 REGULACIÓN DE pH

En las alternativas 1, 2 y 3, se realiza la regulación del pH mediante la utilización de un tanque de homogenización, el cual va acondicionar el agua mediante la mezcla de descargas con pH ácidos y descargas con pH alcalinos principalmente, neutralizando y homogenizando el caudal a tratarse en el proceso de clarificación. Cabe mencionar que la regulación del pH es importante para que los procesos subsiguientes se desarrollen de la mejor manera.

En la alternativa 4 se propone un proceso de regulación del pH mediante la adición de reguladores de pH ya sean estos ácidos o bases con el sistema ORP (Regulador de pH Óptimo), para la neutralización de descargas.

4.4.2 REGULACIÓN DE TEMPERATURA

Para el enfriamiento del agua a tratar en la alternativa 1, 2 y 3 se propone la instalación del tanque de homogenización implementado el proceso de aireación mecánica con una turbina lenta que consta de un motor reductor (presencia de un reductor entre el motor y la turbina), para la mezcla de las descargas, esta acción a más de homogenizar las descargas también disminuirá la temperatura.

La alternativa 4 propuesta, la planta de tratamiento posee la unidad de torre de enfriamiento, mediante la utilización de bandejas con orificios de esta manera se logra el contacto del agua con la corriente de aire disipando el calor y consiguiendo el enfriamiento el agua.

4.4.3 REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA (SST, DBO, DQO)

En las cuatro alternativas de tratamiento, se consideró el proceso de Coagulación para la remoción de la materia orgánica (principalmente como sólidos suspendidos) que se encuentra presente en las descargas, dando como resultado la disminución de la DBO y DQO.

Se propone que en el mismo tanque se implemente un motor reductor con el fin de realizar la mezcla rápida durante 5 minutos, después de este tiempo el motor reductor se detendrá permitiendo la reacción entre el coagulante y la materia suspendida dando como resultado la formación de los flocs y su sedimentación.

4.4.4 AIREACIÓN PARA OXIGENACIÓN DEL AGUA Y SEDIMENTACIÓN

En las alternativas 3 y 4 se propone la filtración como operación unitaria con el fin de reponer la cantidad de oxígeno al agua y ayudar a la sedimentación de las partículas anteriormente coaguladas (flocs).
Esta operación se propone que se lleve a cabo en un tanque el cual va a estar provisto de una turbina que permanecerá en constante movimiento para que logre el resultado esperado.

4.4.5 OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN

Para obtener mejores resultados de la calidad del agua a ser descargada al sistema de alcantarillado, se propone en las alternativas 2, 3 y 4, la operación unitaria de filtración, mediante la implementación de filtros rápidos. Estos filtros deben poseer su propio sistema de retrolavado para que la operación sea eficiente en el constante funcionamiento.

La aplicación de esta operación tiene como objetivo ayudar a la sedimentación en el proceso de remoción de los flocs que se encuentren presentes en el agua después de que paso del proceso de coagulación y clarificación, optimizando los resultados y descargando un agua de mejor calidad.

4.4.6 ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS MEDIANTE DESINFECCIÓN

Como proceso final antes de que el agua tratada sea descargada al sistema de alcantarillado se propone en las 4 alternativas, el proceso de desinfección mediante la adición de hipoclorito de sodio en la tubería que lleva el agua desde

los filtros hacia la caja de revisión la cual tendrá como disposición final el sistema de alcantarillado.

4.4.7 TRATAMIENTO DE LODOS

Del tratamiento de las descargas líquidas mediante el proceso de coagulación genera como consecuencia cantidades de lodo con alto contenido de humedad, siendo necesario un manejo adecuado de los mismos antes de su disposición final (ya sea a un gestor o al relleno sanitario).

En las cuatro alternativas existirá lodos obtenidos como resultado de la sedimentación de los flóculos formados en el proceso de coagulación, aireación y los provenientes de la operación unitaria de filtrado (durante el retrolavado de los filtros), como manejo de los mismos que propone que estos lodos con alto contenido de humedad sean llevados a una cama de secado, que tiene como objetivo la evaporación de la parte liquida que poseen estos lodos, como resultado de la exposición solar a la que son sometidos.

4.5 PRE – DISEÑO PROPUESTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Las cuatro alternativas propuestas se encuentran acorde al objetivo que desea la empresa con respecto a la calidad del agua que debe tener para que cumpla la normativa vigente, es decir, la utilización de cualquiera de las cuatro alternativas dará como resultado un efluente liquido con una calidad de agua que se encuentre dentro de la normativa para ser descargadas al sistema de alcantarillado, evitando así futuras sanciones por el ente regulador.

Las cuatro alternativas planteadas además de estar acorde a lo deseado por la empresa, estas se encuentran enmarcados dentro un mismo proceso principal (Proceso de Coagulación), para el tratamiento de las descargas, pero cada

alternativa cuenta con diferentes operaciones unitarias (operaciones físicas) para el cumplimiento del objetivo.

En el presente proyecto se consideró la alternativa 4 como tratamiento propuesto para la envasadora de leche en el Cantón Rumiñahui, con el fin de que el efluente cumpla con la norma técnica ambiental del Texto Unificado de Legislación Ambiental (T.U.L.A.S.), para lo cual, en base ésta alternativa que es la más óptima y completa que las que le anteceden, se realizará el pre-diseño de la planta de tratamiento.

El pre-diseño se efectuará de acuerdo a los productos (materiales, equipos y reactivos) que se encuentran disponible en el mercado de tratamiento de aguas residuales en el país.

Es importante recordar que el diseño para esta alternativa que se puede ser modificada, de acuerdo a la necesidad de la Empresa envasadora de leche y considerando aspectos económicos, espacio físico disponible que posee o por incremento de producción.

El caudal de descargas líquidas proveniente de la empresa envasadora, es de **100 m^3/día,** caudal nominal utilizado para el pre-diseño de la planta de tratamiento del presente proyecto.

4.5.1 GENERALIDADES DE LA TORRE DE AIREACIÓN

La torre de aireación tiene como objetivo principal exponer la mayor cantidad del agua al aire, y así disipar el calor que este posee. La torre de enfriamiento de acuerdo al caudal a tratar (Q=100m^3/día), posee las siguientes características y dimensiones:

Altura de la Torre: 2.50 m

Número de bandejas: 7 bandejas

Ancho de la bandeja: 1 m

Espesor de la Bandeja: 1 mm

Largo de la Bandeja: 1.75m

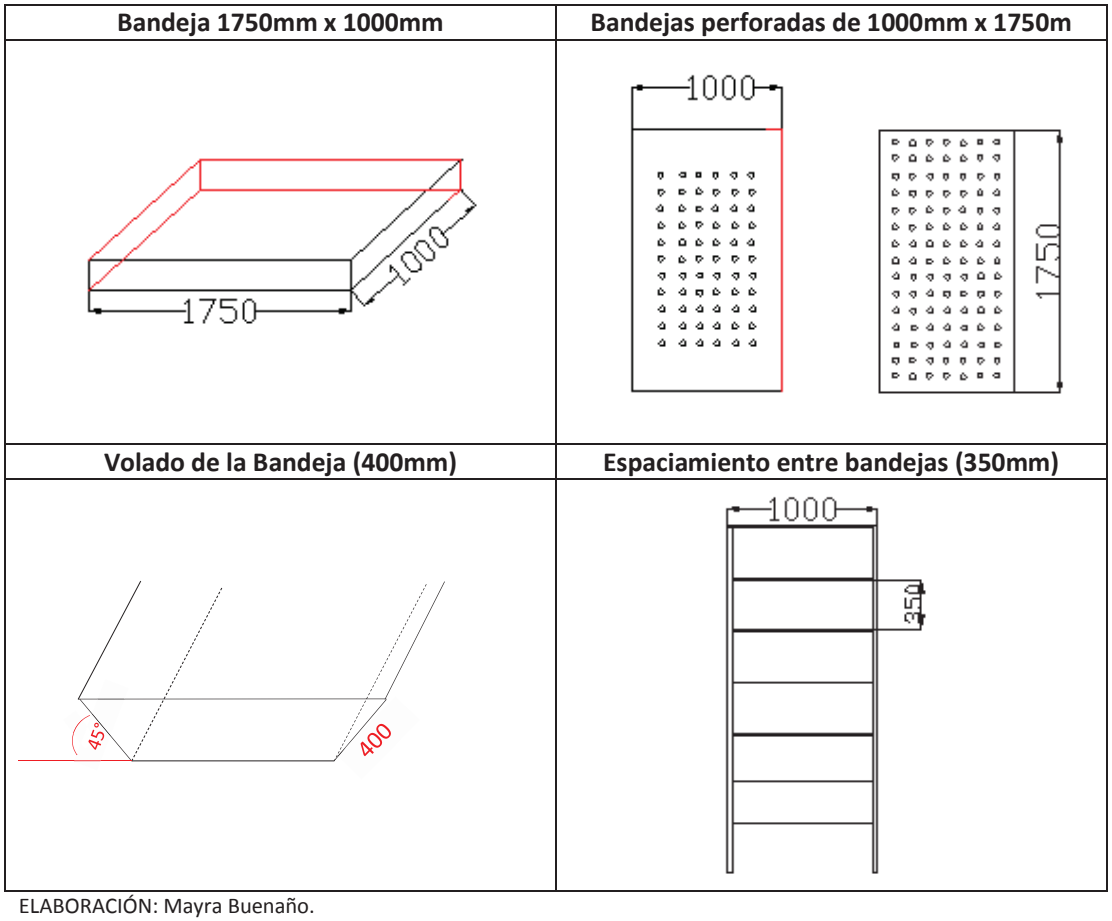
Espacio entre bandejas: 0.35 m

Volado de la bandeja: 45 grados

Material: Acero Galvanizado (Duración 15 años)

Costo aproximado de la torre de enfriamiento: $3.500,00

Esquema 1. Esquema de los componentes de la Torre de enfriamiento



ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

4.5.2 GENERALIDADES DEL TANQUE DE HOMOGENIZACIÓN

El tanque de homogenización en esta planta propuesta es utilizado para ajustar el pH, a un valor entre 6 a 7.4 (DEGREMON), a fin de que se pueda obtener un mejor resultado a causa de la estabilidad de los floc en el proceso de coagulación;

además con el tanque se logra controlar el caudal de ingreso al sistema de tratamiento.

El tanque es diseñado de acuerdo al caudal nominal a tratar (Q=100m^3/día). Además debe poseer una turbina para que mantenga las corrientes de agua a tratar en constante mezcla, y poseer un regulador de pH que nos proveerá de información sobre el pH que tenga en agua en este tanque.

Caudal a tratar: 100 m^3/día = 1.16 l/s

Forma: rectangular

Tiempo de Residencia: 8 horas

Volumen de retención: 33.33 m^3.Aprox. 34 m^3

$$\boldsymbol{Q} = 100\frac{m^3}{\cancel{día}} * \frac{1\,\cancel{día}}{24\,h} = 4.17\frac{m^3}{h}$$

$$\boldsymbol{V} = Q * t_{residencia}$$

$$\boldsymbol{V} = 4.17\frac{m^3}{\cancel{h}} * 8\,\cancel{h}$$

$$\boldsymbol{V} = 33.33m^3 \approx \boldsymbol{34m^3}$$

Dimensiones: 2 m de alto * 3.5 m de fondo * 4.85 m de largo.

$$\boldsymbol{V} \approx 34m^3 = alto * ancho * largo$$

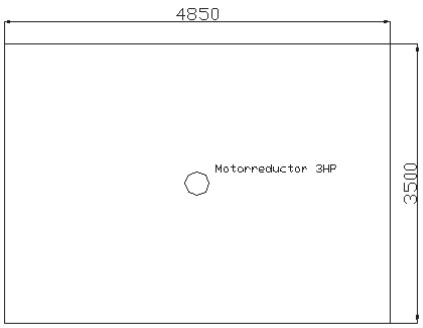
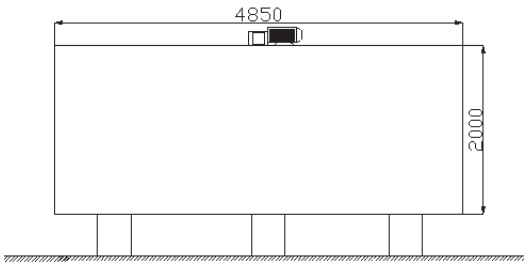
Área requerida: 6 m * 4 m = 32 m^2

Material: Acero al carbono epoxicado

Características de motorreductor: El tanque se debe encontrar provisto con un motor reductor de potencia de 3 HP.

Costo aproximado del tanque de homogenización: $20.000,00

Esquema 2. Esquema de los componentes de tanque de homogenización

Tanque rectangular vista de Planta (4850 mm x 3500mm)	Tanque rectangular vista de Perfil (4850 mm x 2000 mm)
	

ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

En esta alternativa para la regulación del pH en el tanque de homogenización, se propone la instalación de un Sistema ORP (Regulador de pH Óptimo), el cual tiene como objetivo controlar el valor pH del agua residual contenida en el tanque de homogenización logrando, según el valor de medición, introducir soluciones ácidas o alcalinas para mantener los valores dentro de un límite. La programación, es decir, la introducción de los valores límite, se efectúa normalmente a través del display y teclado que se encuentran en la parte frontal del regulador de pH.

El sistema ORP consta de: un regulador de pH con accesorios, 2 bombas dosificadoras de químicos (uno para la base y otro para el ácido), una bomba para la recirculación del agua residual, tubería de PVC.

Foto 3. Controlador para pH marca EXTECH.

4.5.3 GENERALIDADES DEL TANQUE DE CLARIFICACIÓN Y BOMBAS DE DOSIFICACIÓN.

En el tanque de clarificación se van a desarrollar los procesos de coagulación, mezcla rápida y sedimentación, es importante recordar que conforme a los resultados obtenidos en la prueba de jarras se adicionará el coagulante (Policloruro de Aluminio) en la dosis determinada y se prescinde de la adición del ayudante de floculación (Poliacrilamida) ya que con solo la adición del coagulante se obtiene el resultado deseado, reduciendo así la inversión necesaria para la operación de la planta. Es importante mencionar que para este proceso se asume un tiempo de residencia en el tanque de 2 horas.

Para este proceso se propone un tanque de clarificación de forma cilíndrica y debe contar con los siguientes equipos para su funcionamiento:

a. Una bomba de alimentación en 2 pulgadas para impulsar el agua del tanque de homogenización al clarificador, de hasta 5 litros por segundo, con potencia de 3 hp, pudiendo ser de marca Marc Perless, brasilera o equivalente.
b. Un motorreactor que realizará la mezcla rápida dentro del tanque.
c. Una bomba dosificadora de químicos, pudiendo ser de marca Pulsafeeder, Blue White o equivalente de 110 V 45 w, 30 GPD (galones por día), electromecánicas de dosificación por diafragma, para la dosificación del polímero coagulante.
d. Canaletas de recolección de agua, válvulas de entrada, y purgas.

Caudal a tratar: 100 m^3/día

Forma: cilíndrico

Tiempo de residencia: 2 horas

Volumen: 9 m^3

$$\boldsymbol{Q} = 100\frac{m^3}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = 4.17\frac{m^3}{h}$$

$$\boldsymbol{V} = Q * t_{residencia}$$

$$\boldsymbol{V} = 4.17\frac{m^3}{\cancel{h}} * 2\,\cancel{h}$$

$$\boldsymbol{V} = 8.34m^3 \approx \boldsymbol{9m^3}$$

Dimensiones: 2 m de diámetro * 3m de altura.

$$\boldsymbol{Diámetro\ (D) = 2\ m^2}$$

$$\boldsymbol{Radio\ (r) = 1\ m^2}$$

$$\boldsymbol{Altura\ del\ tanque\ (h)} = \frac{V}{Área\ de\ la\ base(A)}$$

$$\boldsymbol{Altura\ del\ tanque\ (h)} = \frac{V}{\pi * r^2}$$

$$\boldsymbol{Altura\ del\ tanque\ (h)} = \frac{9m^{\cancel{3}}}{(3.14) * (1m)^{\cancel{2}}}$$

$$\boldsymbol{Altura\ del\ tanque\ (h)} = 2.86m \approx \boldsymbol{3m}$$

Área requerida para la implementación de esta operación: 3 m^2

Material del tanque: Es un tanque construido de acero al carbono, epoxicado interior y exterior, acabado en esmalte exterior, en plancha de 4 y 3 mm de espesor.

Característica Interna: incluye en su interior las cámaras para la realización de mezcla rápida, floculación, sedimentación primaria y sedimentación final.

Foto 4. Tanque de clarificación. Modelo tipo.

Características de motor reductor: El sistema de mezcla se realiza mediante el uso de un motor eléctrico trifásico con motor reductor de aproximadamente 100 rpm y 200 rpm.

Costo aproximado del tanque de clarificación: $25.000,00

- **Características del polímero a utilizarse**

El polímero a usarse es el Policloruro de Aluminio como coagulante de uso industrial para la remoción de los sólidos suspendidos de las aguas residuales.

La Dosis óptima a aplicarse en el proceso de clarificación es la determinada mediante la prueba de jarras, con un valor de 250 mg/l.

El Policloruro de aluminio (sólido), posee las siguientes características:

Tabla 25. Características del PAC

CARACTERISTICA	PAC Vx 50	PAC ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR
Densidad (50% solución Agua)	1.26	1.25
AL2O3 % ≥	10.	9.0
Gravedad específica 24ºC (solución al 1%)	1.32 +/- 0.1 (25ºC)	1.32 +/- 0.1 (25ºC)
Punto de ebullición (solución al 1%):	200ºC	-----
Olor:	Característico	-----
Solubilidad en agua	Completa	Completa
Basicidad %	50.0 – 85.0	45.0 – 85.0
Sustancia Insoluble % ≤	0.5	1.0
pH (1% solución agua)	3.5 - 5.0	-----
pH (50% solución agua)	1.89 - 2.09	-----

FUENTE: DICOMSA Ingeniería del Agua
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Comercialmente el Policloruro de aluminio, se expende en forma líquida para ser aplicada directamente mediante bombas dosificadoras de polímeros, y en forma sólida para su preparación previa su dosificación.

- **Consumo de polímero líquido:**

$$\boldsymbol{Dósis\ Óptima} = 250\frac{\cancel{mg}}{\cancel{l}} * \frac{1\ Kg}{1000000\ \cancel{mg}} = \mathbf{0.00025}\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{l}}$$

$$\boldsymbol{Q} = 100\frac{\cancel{m^3}}{día} * \frac{1000l}{1\cancel{m^3}} = \mathbf{100000}\frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{día}}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido} = \boldsymbol{Dósis\ Óptima} * \boldsymbol{Q}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido} = 0.00025\frac{Kg}{l} * 100000\frac{l}{día}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido} = 0.00025\frac{Kg}{l} * 100000\frac{l}{día}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido} = \mathbf{25}\frac{Kg}{día}$$

- **Consumo de polímero sólido.**

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ líquido\ requerido} = \mathbf{25}\frac{Kg}{día}\ al\ 50\%$$

$$\mathbf{50\%} = \mathbf{1}\ \boldsymbol{kg\ polímero\ en\ polvo\ en}\ \mathbf{1}\ \boldsymbol{Kg\ Agua}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ en\ polvo\ requerido} = \mathbf{12.5}\ \frac{Kg}{día}$$

- **Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada con el polímero líquido.**

$\boldsymbol{Q} = 100\frac{m^3}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = \mathbf{4.17}\frac{m^3}{h}$	$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido} = 25\frac{Kg}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = \mathbf{1.04}\frac{Kg}{h}$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ por\ m^3} = \frac{1.04\,\frac{Kg}{\cancel{h}}}{4.17\,\frac{m^3}{\cancel{h}}} = \mathbf{0.25}\,\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{m^3}}$$

$$\boldsymbol{Costo\ de\ Polímero\ por\ m^3 de\ agua\ tratada} = 0.25\,\frac{\cancel{Kg}}{m^3} * \frac{0.82\ USD}{1\ \cancel{Kg}}$$

$$= \mathbf{0.205}\ \boldsymbol{USD/m^3}$$

- **Cálculo del costo por metro cúbico de agua tratada con el polímero sólido.**

$\boldsymbol{Q} = 100\,\frac{m^3}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = \mathbf{4.17}\,\frac{m^3}{h}$	$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ requerido}$ $= 12.5\,\frac{Kg}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = \mathbf{0.52}\,\frac{Kg}{h}$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ Polímero\ por\ m^3} = \frac{0.52\,\frac{Kg}{\cancel{h}}}{4.17\,\frac{m^3}{\cancel{h}}} = \mathbf{0.125}\,\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{m^3}}$$

$$\boldsymbol{Costo\ de\ Polímero\ por\ m^3 de\ agua\ tratada} = 0.125\,\frac{\cancel{Kg}}{m^3} * \frac{1\ USD}{1\ \cancel{Kg}}$$

$$= \mathbf{0.125}\ \boldsymbol{USD/m^3}$$

- **Comparación entre polímero líquido y sólido:**

Tabla 26. Comparación entre el PAC líquido y sólido

	Polímero líquido (Policloruro de Aluminio)	**Polímero Sólido (Policloruro de Aluminio)**
Presentación Comercial	Tanques de 250 Kg	Sacos de 25 Kg
Costo por kilo de Polímero	USD 0.82	USD 1.00

	Polímero líquido (Policloruro de Aluminio)	**Polímero Sólido (Policloruro de Aluminio)**
Consumo estimado por día	25 Kg de Polímero líquido	$12.50\ KgPolímerosólido$
Consumo estimado por mes (31 días)	775 Kg	387 Kg
Consumo de acuerdo a la presentación comercial.	3.1 Tanques al mes ≈ 3 Tanques	15.48 Sacos al mes ≈ 15 Sacos
Costo mensual de polímero para la planta de tratamiento Propuesta	**USD 615 - USD 635,50**	**USD 375**

FUENTE: Cotización DICOMSA Ingeniería del Agua
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Para esta planta se propone la aplicación del Policloruro de forma sólida por representar un valor más económico en la operación de la planta.

4.5.4 GENERALIDADES DEL TANQUE DE AIREACIÓN

El tanque de aireación propuesto tendrá un funcionamiento similar al tanque de homogenización. El objetivo del tanque es suministrar de aire al agua coagulada, además de ayudar a la sedimentación de los flocs mediante la mezcla mecánica.

Caudal a tratar: 100 m^3/día = 1.16 l/s

Forma: rectangular

Tiempo de residencia: 2 horas

Volumen de retención: 9 m^3

$$\boldsymbol{Q} = 100\frac{m^3}{\cancel{día}} * \frac{1\ \cancel{día}}{24\ h} = 4.17\frac{m^3}{h}$$

$$\boldsymbol{V} = Q * t_{residencia}$$

$$\boldsymbol{V} = 4.17\frac{m^3}{\cancel{h}} * 2\ \cancel{h}$$

$$\boldsymbol{V} = 8.34m^3 \approx \boldsymbol{9m^3}$$

Dimensiones: 2 m de alto *2 m de fondo * 2.50 m de largo.

Área requerida para la implementación de esta operación: 4 m * 3 m = 12 m^2

Material del tanque: Acero al carbono epoxicado

Características de motor reductor: El tanque se debe encontrar provisto con un motor reductor de potencia de 3 HP.

Costo aproximado del tanque de aireación: $16.000,00

4.5.5 GENERALIDADES DE LA FILTRACIÓN

Para la operación unitaria de filtración se propone la implementación de 2 filtros a presión los cuales poseen las siguientes características:

- Filtro de arena de tipo industrial. Fabricado en acero al carbono, de capacidad de filtración de hasta 2 litros por segundo.

- **Dimensiones:** 0.78 m de diámetro por 1.22 m de la envolvente cilíndrica, en plancha de 4 mm. consta en su interior de los tamices colectores inferiores,

- **Lecho filtrante:** 5 pies de grava de soporte (5 – 6 mm de diámetro) y 12 pies cúbicos de grava blanca o arena sílice.

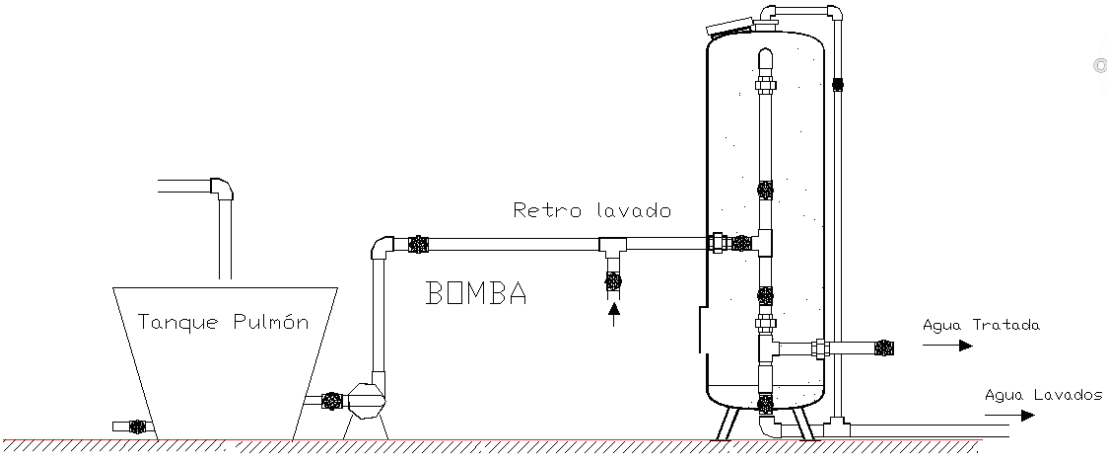
- Exteriormente consta del juego completo de tuberías y válvulas manuales para realizar filtración, retrolavado y enjuague, posee además un manómetro, purga de aire y bocas de inspección.

- **Presión máxima de trabajo:** 50 psi.
- **Numero de filtros en el sistema:** 3 unidades
- **Bomba de filtración:** Bomba para filtración, de hasta 5 litros por segundo de caudal, de 3 HP de potencia, 220 voltios, trifásica o monofásica, 2 pulgadas de succión y descarga.

Foto 5. Filtros. Modelo Tipo.

Es importante mencionar que al tratarse de una filtración a presión esta debe poseer un tanque pulmón en el cual se va almacenar el agua previo a ser inyectada a presión en los filtros. Se considera un tanque de 2500 L.

Esquema 3. Esquema del Sistema de Filtración



Costo aproximado del sistema de filtración: $6.500,00

4.5.6 GENERALIDADES DE LA DESINFECCIÓN

Como último proceso de la planta propuesta es el proceso de desinfección, mediante el cual se eliminará los microorganismos que han pasado de los procesos y operaciones anteriores.

Para este proceso se lo realizará directamente a la tubería de salida de agua de los filtros. Este proceso consta de una dosificadora de solución líquida de hipoclorito sodio.

Característica de la bomba dosificadora: Bomba dosificadoras de químicos, marca Pulsafeeder, Blue White o equivalente de 110 V 45 w, 30 GPD, electromecánicas de dosificación por diafragma, para la dosificación cloro de desinfección.

Por la baja cantidad de coliformes (microorganismos patógenos), de acuerdo a los resultados de laboratorio, se va a considerar una dosificación comprendida entre 0.5 y 1 mg/l.

Foto 6. Bomba dosificadora. Modelo tipo.

Costo aproximado del sistema de desinfección: $650,00

4.5.7 GENERALIDADES DEL SECADO DE LODOS (LECHOS DE SECADO)

Para el secado de lodos provenientes de los tanques de clarificación, aireación y filtros, por los procesos de sedimentación (en el tanque clarificador y en el tanque

de aireación) y retrolavado (filtros).Se propone la implementación de camas de secado construidas de cemento de acuerdo al espacio disponible diseñado para esta operación.

La cama de lodos propuesta consta de capas de ripio azul grueso al fondo de la cama, gravilla como capa intermedia y en la parte superior, arena de sílice de 2 a 3 mm de diámetro. En el fondo de la cama de lodos se dispone de tubería perforada que recogerá parte del agua intersticial que se encuentra entre las partículas de lodo mediante filtración, el agua es recogida por gravedad en un tanque que se encuentra a desnivel de la cama, del cual el agua es recirculada mediante el bombeo, al tanque de homogenización para su tratamiento. El lodo seco resultante será entregado a un gestor autorizado.

- **Dimensiones:** 5 m de largo x 2.50 m de ancho por 1 metro de altura.
- **Lecho filtrante:** ripio azul grueso al fondo de la cama (10 cm de ancho), gravilla como capa intermedia (5 cm de ancho) y en la parte superior arena de sílice de 2 a 3 mm de diámetro (5 cm de ancho).
- **Número de camas en el sistema:** 2 unidades
- **Bomba de recirculación:** Bomba para recircular en agua recogida en el tanque de 3 HP de potencia.

Costo aproximado de los lechos de secado: $2.800,00

Foto 7. Cama de secado de lodos. Modelo tipo.
FUENTE:http://chinndelacruzl.wordpress.com/tag/municipalidad-del-rimac/

4.6 ANÁLISIS DE LA PROPUESTADE PLANTA DE TRATAMIENTO EN LOS ASPECTOS ECONÓMICOS

La planta de tratamiento (alternativa 4) cumple con los procesos requeridos para la reducción de los parámetros de DBO, DQO y SST que se encuentran fuera de la norma.

De acuerdo a la disponibilidad de equipos, materiales y tanques que posee la empresa envasadora de lácteos y conforme a los resultados de laboratorio obtenido durante la simulación de los procesos de tratamiento (Test de Jarras), se considera lo siguiente:

a) La empresa envasadora de lácteos posee los equipos, materiales y tanques, que pueden ser utilizados para implementar la planta, con el fin de reducir el costo de la planta en la adquisición de estos equipos materiales y tanques, obteniendo los resultados deseados.

b) De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenido de las simulaciones, se observa que se puede prescindir de la operación de aireación, sin causar un mayor aumento a los parámetros físico químicos que sobrepasen la norma, manteniéndose por debajo de esta.

A continuación se muestra una tabla que resume los equipos, materiales y reactivos necesarios para la implementación de la planta de tratamiento propuesta (alternativa 4) y los equipos y materiales que posee la Empresa envasadora de Lácteos y a la cual debe ser adaptada la propuesta de tratamiento:

Tabla 27. Equipos, materiales y reactivos

PROCESOS, OPERACIONES	**EQUIPOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS**	
	Para la propuesta de acuerdo al análisis técnico	**Disponible por la Empresa envasadora de lácteos**
Disminución de	Torre de aireación para	La empresa dispone de un tanque rectangular de 13 m^3,

PROCESOS, OPERACIONES	EQUIPOS, MATERIALES, HERRAMIENTAS	
	Para la propuesta de acuerdo al análisis técnico	**Disponible por la Empresa envasadora de lácteos**
Temperatura	enfriamiento, de 2.50 m con 7 bandejas. De acero Galvanizado.	con camisa de refrigeración para la refrigeración del agua a tratar y un mezclador propio. La cual fue utilizada en los procesos de envaso de lácteos.
Regulación del pH	Tanque de homogenización para la adición de regulador de pH. Controlador ORP 2 Bombas dosificadoras y Sensor de pH	
Remoción de Materia Orgánica por clarificación (DBO,DQO,SST)	Tanque cilíndrico de 9 m^3, de 2 m de diámetro por 3 m de altura, con 1 bomba de dosificación de polímero, una bomba de alimentación al clarificador. El tanque posee secciones para la mezcla rápida, floculación y sedimentación	La empresa posee 2 tanques de 1000 l y dos mezcladores, al disminuir el volumen de la capacidad necesaria, los tiempos de retención deben ser menores.
Aireación	Se prescinde de esta operación	Se prescinde de esta operación
Filtración	Tres filtros de arena con juegos de tuberías y válvulas manuales para realizar filtración, retrolavado y enjuague, tiene además un manómetro, purga de aire y bocas de inspección. Presión máxima de trabajo: 50 psi.	No posee ningún material o equipo para este proceso
Desinfección	1 Bomba Dosificadora de Hipoclorito de sodio.	No posee ningún material o equipo para este proceso
Tratamiento de Lodos	Camas de secado de lodos	No posee ningún material o equipo para este proceso

FUENTE: DICOMSA Ingeniería del Agua y Empresa envasadora de Lácteos
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Una vez realizada la comparación de los equipos, materiales y herramientas necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento de acuerdo al análisis técnico; con los equipos, herramientas, y materiales que se dispone en la empresa envasadora de lácteos, se realizó la propuesta final para la planta de tratamiento de las descargas líquidas.

4.7 PROPUESTA FINAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

La propuesta se realiza en base a las condiciones económicas de la empresa, es decir, utilizando los equipos, materiales, herramientas que esta posee para disminuir al máximo los costos de la implementación y obtener un resultado acorde a los requerimientos de calidad del agua que se necesita para que las descargas puedan cumplir la normativa vigente.

Una vez analizadas las alternativas de tratamiento que fueron planteadas en base a los datos obtenidos en los ensayos y pruebas piloto, y conforme la disponibilidad de materiales y equipos de la empresa envasadora de lácteos, que pueden ser implementados en los procesos, se plantea la siguiente propuesta final de tratamiento que consta de los siguientes procesos/operaciones:

1. Homogenización
2. Clarificación (Coagulación, Floculación, Sedimentación)
3. Filtración
4. Desinfección.
5. Secado de lodos (Lecho de lodos).

El material de fabricación de la planta debe ser de acero inoxidable, acero al carbono y PVC.

Además, para el proceso de clarificación se utilizará el polímero coagulante:

- Policloruro de Aluminio

Y para el proceso de desinfección el siguiente químico:

- Hipoclorito de sodio al 10 %

La planta clarificadora de acuerdo a los procesos/operaciones que se van a ejecutar, consta de las siguientes partes:

- Acometida de agua por bombeo.
- Tanque de homogenización con mezclador e inyección de aire comprimido
- Bombas de alimentación centrifuga
- Dosificadores de coagulante.
- Sistema de mezcla por motor reductor
- Tanque sedimentador.
- Bomba de filtración
- Sistema de filtración sobre arena automática.
- Dosificador para desinfección.
- Tablero de control
- Cama de lodos.

4.7.1 HOMOGENIZACIÓN

Se realiza la recolección de agua residual en un tanque rectangular de acero inoxidable de 13 metros cúbicos de capacidad, con un motor reductor – mezclador para la homogenización e introducción de aire.

De los materiales que son de propiedad de la envasadora, se encuentra este tanque, el mismo que debe ser adaptado para que funciones como un tanque de homogenización. (Ver anexo 3)

Es importante mencionar que el tanque que será utilizado para la homogenización, se encuentra equipado con una camisa de enfriamiento, la misma que servirá para mantener a una temperatura adecuada las descargas líquidas, previo su tratamiento.

Para el funcionamiento de esta operación, los principales componentes deben ser:

Acometida de agua por bombeo. El agua del proceso llega a un tanque de revisión, de donde ingresa al tanque de homogenización mediante una bomba centrifuga.

Tanque de homogenización de agua. Tanque de 13000 litros de capacidad. Debe incluir un mezclador de paletas mediante motor reductor e inyección de aire comprimido y el sistema de enfriamiento del agua.

Bomba de alimentación centrifuga. El sistema está constituido por dos bombas centrifugas de 1 y 1.5 hp. Son bombas de caudal y llevan el agua desde el tanque de homogenización a los tanques de clarificación. Se encienden mediante selector manual del tablero de control y están provistas de un sensor de nivel mínimo para evitar la succión de aire por falta de agua en el tanque de homogenización

4.7.2 CLARIFICACIÓN

El agua homogenizada que es llevada mediante las bombas de alimentación, es introducida en tres tanques (2 tanques de 1000 litros y 2 bombas que pueden ser provistas por la empresa envasadora, los cuales serán utilizados para este proceso), además se deberá adquirir un tanque de 2500 litros de capacidad para que conjuntamente con los dos tanques contengan el suficiente volumen de agua a tratar. Cada tanque debe poseer mezcladores mediante bombas centrifugas para la mezcla rápida durante la adición del coagulante.(Ver Anexo 3)

La adición del coagulante debe ser de manera automática, para lo cual se inyecta el Policloruro de Aluminio mediante es sistema de dosificación, adecuado con dos bombas dosificadoras calibrada a la dosis referencial, que es de 250 ppm.

Tiempo de dosificación del Policloruro de Aluminio en solución al 50%:

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$Vi = Volumen\ del\ policloruro\ de\ aluminio\ a\ dosificar$

$Ci = Concentración\ de\ la\ solución\ de\ policloruro\ de\ aluminio\ inicial.\ (50\% = 500000\ ppm)$

$Vf = Volumen\ del\ agua\ residual\ a\ tratar.\ (2000\ l)$

$Cf = Concentración\ deseada\ del\ policloruro\ de\ aluminio\ en\ el\ agua\ a\ tratar\ (250\ ppm)$

$$Vi = \frac{Qi}{t_d}$$

$$Qi = Capacidad\ de\ la\ bomba\ \left(30\ GPD = 30\frac{\cancel{gal}}{\cancel{día}} * \frac{3.785l}{1\cancel{gal}} * \frac{1\ \cancel{día}}{86400s} = \mathbf{0.001314}\frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{s}}\right)$$

$$t_d = Tiempo\ de\ dosificación\ del\ policloruro\ de\ aluminio\ (cada\ bomba).$$

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$$\frac{Qi}{t_d} * Ci = Vf * Cf$$

$$t_d = \frac{Vf * Cf}{Ci * Qi} = \frac{2000\cancel{l} * 250\cancel{ppm}}{500000\cancel{ppm} * 0.001314\frac{\cancel{l}}{s}}$$

$$t_d = \frac{500000}{675}s$$

$$t_d = 740.74s = \mathbf{12.35\ min}\ (por\ cada\ bomba\ dosificadora)$$

Para esta planta se considera la compra del Policloruro en forma sólida para su preparación previo su dosificación, ya que esto disminuye los costes de operación de la Planta. (Ver Anexo 3)

La mezcla realizada por el motor reductor, debe estar calibrado a 100 rpm, de acuerdo a test de jarras para obtener los resultados deseados, esta mezcla se debe mantener por espacio de 5 minutos, luego se da el proceso de sedimentación, que dura aproximadamente 30 minutos, el agua esta clarificada y lista para ser enviada al tanque pulmón de 1100 litros de la bomba de filtración. (Ver Anexo 3).

4.7.3 FILTRACIÓN

Para el proceso de filtración se es indispensable adquirir dos filtros prefabricados (tal como los señalados en el literal 4.5.5). La filtración se realiza con dos filtros constituidos de gravilla de soporte y arena de sílice automáticos de 15 pies cúbicos de capacidad, siendo estos los adecuados para el caudal y las características del agua a filtrar.

El agua desde el proceso de clarificación llega al tanque pulmón, que mediante una bomba de filtración e introduce el agua a presión en los dos filtros de arena. (Ver Anexo 3).

Es importante mencionar que este sistema de filtración prefabricado, viene adecuado con todo lo necesario (bombas, sistema de válvulas, tuberías, conexiones, etc.) para realizar tanto los procesos de filtración como de retrolavado de filtros.

4.7.4 DESINFECCIÓN

La operación de Desinfección se realiza mediante la inyección de solución líquida de hipoclorito de sodio al 10 % al final del proceso de filtración, mediante un sistema de dosificación automática de químicos.

La dosis a ser aplicada, se acuerdo a referencias bibliográficas para evacuación de agua residual después del proceso de filtrado va de 3 mg/l a 15 mg/l, para la planta de tratamiento propuesta se considera una dosis de 5 mg/l de hipoclorito de sodio.

Volumen de cloro a dosificar en el día:

$Ci = Concentración\ de\ hipoclorito\ de\ sodio\ inicial\ (10\% = 100000 mg/l)$

$Vi = Volumen\ requerido\ de\ hipoclorito\ de\ sodio\ a\ dosificar\ en\ el\ día$

$Cf = Dosis\ de\ Hipoclorito\ de\ sodio\ en\ el\ agua\ a\ tratar.$

$$Vf = Volumen\ de\ agua\ residual\ a\ tratar\ durante\ el\ día\ (100\ m^3 = 100000\ l\ en\ el\ día)$$

$$Vi * Ci = Vf * Cf$$

$$Vi = \frac{Vf * Cf}{Ci}$$

$$Vi = \frac{100000l * 5mg/l}{100000mg/l}$$

$$Vi = \frac{1\cancel{00000}l * 5\cancel{mg/l}}{1\cancel{00000}\cancel{mg/l}} = \mathbf{5\ l\ de\ hipoclorito\ de\ sodio\ al\ 10\%, en\ el\ día}$$

La bomba dosificadora de hipoclorito se enciende cada vez que se enciende la bomba de filtración.

4.7.5 SECADO DE LODOS

Para el secado de lodos provenientes de los tanques de clarificación, aireación y filtros, por los procesos de sedimentación (en el tanque clarificador) y retrolavado (filtros). Se propone la implementación de camas de secado construidas de cemento, conforme las dimensiones y características descritas en el literal 4.5.7.

4.7.6 AUTOMATIZACIÓN DE LA PLANTA

Automatizar la planta de tratamiento favorece a la mínima incursión de los operadores durante los procesos/operaciones, por ende reduce los costos que generaría la contratación de un operador que se dedicaría 100% a la operación de la planta si esta fuera 100% manual.

Para la automatización es necesario implementar un tablero de control que posea breakers de protección, contactores para arranque directo de la bomba de alimentación, de filtración, y motor reductores y dos selectores para encendido de la bomba de alimentación.

Para la secuencia de funcionamiento es necesaria la instalación de un PLC telemecanique Zelio para realizar las etapas de clarificación, filtración y retro lavado de los filtros.

El tablero está diseñado para funcionar con un voltaje de 220 voltios trifásico y 220-110 v monofásico.

A continuación, en la tabla 28, se muestran los costos de los equipos del pre-diseño propuesto versus la propuesta final para la planta de tratamiento.

Tabla 28. Costos de la Planta de Tratamiento

PROCESOS/ OPERACIONES		**Valor del mercado para los equipos de acuerdo al pre-diseño propuesto. (Inc. IVA)**	**Valor ajustado, a los equipos disponibles en la empresa. (Inc. IVA)**	**Disponibilidad de materiales y equipos propios de la empresa.**	**Observaciones**
Disminución de Temperatura y regulación del pH	Costo aproximado de la torre de enfriamiento	$ 3.500	-		Se prescinde de este proceso en la propuesta final de la planta de tratamiento, ya que la regulación de la temperatura se la hará en tanque de homogenización
	Costo aproximado del tanque de homogenización	$ 20.000	$ 0	Dispone	Costo aproximado del tanque de refrigeración que dispone la empresa y puede ser usado en la operación de homogenización, es de $10.500.

Remoción de Materia Orgánica por clarificación (DBO,DQO,SST)	Costo aproximado del tanque de clarificación	$ 25.000	$ 4.000	Dispone Parcialmente	Se deben adquirir materiales y equipos para complementar a los tanques disponibles en la empresa, para el proceso de clarificación.
Aireación	Costo aproximado del tanque de aireación	$ 16.000	-		Se prescinde de este proceso, en la Propuesta final de la planta de tratamiento.
Filtración	Costo aproximado del sistema de filtración	$ 6.500	$ 6.500	No dispone	
Desinfección	Costo aproximado del sistema de desinfección	$ 650	$ 650	No dispone	
Tratamiento de lodos	Costo aproximado de los lechos de secado	$ 2.800	$ 2.800	No dispone	
TOTAL		**$ 74.450**	**$ 13.950**		

FUENTE: DICOMSA Ingeniería del Agua y Empresa envasadora de Lácteos
ELABORACIÓN: Mayra Buenaño.

Se puede observar en la tabla 28, que los costos en el mercado de los procesos de tratamiento de la alternativa 4, necesarios para la operación de la empresa, ascienden a $ 74.450, sin embargo si se considera los materiales y equipos que dispone la empresa, los costos de implementación de la Planta de tratamiento se reducirían a $ 13.950.

Es importante mencionar, que en los costos del pre-diseño propuesto (alternativa 4), se incluye el valor del proceso de aireación, el mismo que puede prescindirse al obtener los resultados deseados únicamente con el proceso de clarificación.

CAPITULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

En base a los resultados de este trabajo, expuestos anteriormente se puede concluir lo siguiente:

- La Empresa envasadora de Lácteos que se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha, y desarrolla sus actividades dentro del Cantón Rumiñahui, quien posee la acreditación al Sistema Único de Manejo Ambiental como Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable lo que le faculta entre otras actividades a realizar el seguimiento a actividades o proyectos dentro del ámbito de su competencia y jurisdicción territorial, de conformidad con el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente, lo que implica que la Empresa envasadora de lácteos a encontrarse bajo su jurisdicción tiene la obligación de dar cumplimiento a lo establecido dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Medio Ambiente. (Libro VI. Anexo 1), para las descargas de sus efluentes líquidos al Sistema de Alcantarillado Púbico.

- De acuerdo al análisis de los monitoreos realizados a los efluentes líquidos de la empresa envasadora de lácteos, se determinó que los parámetros que se encuentran fuera de la Norma son: el pH, la DQO, la DBO, los sólidos sedimentables y los sólidos suspendidos además de la presencia de coliformes.

- La toma de muestras del agua residual se enmarcó dentro de las normas y métodos con un alto control de calidad, con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los resultados y fue realizada por un laboratorio acreditado por el OAE.

- Se concluye que para obtener una muestra representativa de las descargas liquidas durante todo el día se debe realizar un muestreo de tipo compuesto.

- Se concluye que de acuerdo a los resultados obtenidos de la primera y segunda prueba de jarras, la dosis óptima del compuesto coagulante (Policloruro de Aluminio) que se debería administrar durante el tratamiento del efluente es de 250 mg/l.

- Para la propuesta de la planta de tratamiento de este proyecto, no se considera la dosificación del Floculante (Poliacrilamida), ya que al obtener el resultado deseado solo con la dosis de coagulante, no es necesaria su aplicación, evitando realizar gastos innecesarios durante la operación de la planta.

- De acuerdo a los resultados emitidos por el laboratorio, de las muestras tomadas de los ensayos de simulación de la planta de tratamiento, se concluye que los parámetros de DBO, DQO, sólidos suspendidos y sólidos totales han disminuido su concentración después de haber sometido las muestras de agua a los dos procesos simulados: Clarificación y Clarificación más aireación.

- La eficiencia de remoción obtenida en el proceso de clarificación simulado en el laboratorio es de 59.59%, siendo mayor que el porcentaje de eficiencia de remoción de los procesos de clarificación más aireación simulados, que es de 50.72%. Es por esta razón y con el fin de minimizar los gastos durante la implementación de la planta de tratamiento, se omite el proceso de aireación.

- La primera alternativa de tratamiento se compone por el proceso de clarificación y desinfección; como segunda alternativa tiene el mismo proceso acompañado con filtración; como tercera alternativa se planteó el proceso de clarificación y filtración acompañado con aireación y desinfección; y como cuarta alternativa en su primera instancia se compone

de una torre de enfriamiento y reguladores de pH como acondicionamiento del agua previo el tratamiento clarificación, aireación, filtración y desinfección.

- En todas las alternativas antes descritas se obtiene como resultado del tratamiento de las descargas líquidas, la cantidad de lodos con altos contenidos de humedad que deben ser manejados antes de su disposición final, por lo cual se propuso en todas las alternativas implementar camas de secado de lodos.

- Las cuatro alternativas propuestas se encuentran acorde al objetivo deseado con respecto a la calidad del agua que debe tener, para que cumpla la normativa vigente previo a ser descargadas al sistema de alcantarillado, minimizando el impacto ambiental y evitando así futuras sanciones por el ente regulador.

- Para efectos del pre-diseño de la planta, se escogió la alternativa cuatro como propuesta óptima del tratamiento de las descargas líquidas de la empresa envasadora de lácteos.

- La propuesta óptima (alternativa 4), consta de una torre de enfriamiento un tanque de homogenización con un sistema de ORP de regulación de pH, proceso de clarificación, aireación, filtración y desinfección, además para la deshidratación de los lodos, una cama de secado de lodos.

- Para los procesos/operaciones de disminución de temperatura, regulación de pH, y parte del proceso de clarificación se puede prescindir de la compra de ciertos materiales, disminuyendo así los costos de inversión inicial, optimizando los recursos de la empresa.

- La propuesta final de la planta de tratamiento consta de 5 procesos/operaciones: Homogenización, Clarificación, Filtración Desinfección y Secado de lodos, que encuentran en función de costos de inversión inicial y costos de funcionamiento.

- Se concluye que al considerar los materiales y equipos disponibles en la empresa que pueden ser adaptados en la implementación de la planta de tratamiento de la misma empresa, los costos disminuyen significativamente, en comparación a los costos que generaría adquirir en el mercado los procesos/ operaciones en su paquete total.

- Se puede concluir que el sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para la empresa envasadora de lácteos se trata de un conjunto de unidades de tratamiento, procesos químicos y operaciones físicas, que actúan conjuntamente, dando como resultados la disminución de la concentración de los parámetros DBO, DQO y sólidos suspendidos, manteniéndolos por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Tabla 11. "Límites de descarga al sistema de alcantarillado público", del ANEXO 1, libro VI del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa envasadora de lácteos implementar la planta de tratamiento de las aguas residuales propuesta en presente proyecto de titulación, la misma que no solo ayudara a mantener los parámetros físico-químicos por debajo de los límites máximos permisibles para cumplir la normativa vigente, sino que también se estará aportando con el cuidado del recurso hídrico evitando que estos cada vez se sigan contaminando más.

- Cualquiera que sea el sistema de tratamiento de descargas líquidas que opte la empresa, es importante considerar que además de los aspectos técnicos, los aspectos económicos son fundamentales durante la implementación, pudiéndose disminuir los gastos de inversión inicial con la reutilización de equipos y/o materiales que posea la empresa en desuso para las actividades propias.

- Se recomienda que una vez implementada la planta de tratamiento, se realice el mantenimiento y limpieza de los filtros de arena, dosificadores, tanque de homogenización y tanques de clarificación de acuerdo al manual básico de operación y mantenimiento. Asegurando la calidad del agua deseada a la salida de la planta.

- Una vez que la planta entre en funcionamiento continuo, realizar la caracterización de los lodos para su disposición final.

5.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REINA, V.GUZMÁN, (2012), *"Protocolo de Monitoreo de Calidad del Agua en el recurso Hídrico Superficial"*, SENAGUA. Quito.

CEPIS, (1973)"*Teoría, diseño y control de los procesos de Clarificación del agua",* DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

W.CZYSZ, A. DENNE, H. RUMP, W.SCHNEIDER, E. STAUDTE, W. SUPPERL, E.BLITZ (1991) *"Manual de Disposición de Aguas Residuales"* CEPIS, OPS, OMS, Lima-Perú.

QUIM.LUIS JAVIER VILLENA (Diciembre 1995) *"Contaminación por Industrias Lácteas"*, Anales de la Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental, España.

A.RODRIGUEZ, P. LETÓN, R. ROSAL, M. DORADO, S.VILLAR, J. SAENZ, (2006), *"Tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Industriales".* Elecé Industria Gráfica. España.

O.G. MERINO, F.M.SAL, (2007), *"Sistemas de Recirculación y Tratamiento de Agua"*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Santa Ana-Corrientes.

DEGRÉMONT, (1979), *"Manual Técnico del Agua".* Cuarta Edición Española. GRAFO, S. A. España.

R.S. RAMALHO, (1983), *"Tratamientos de Aguas Residuales".* Versión Española de la Segunda Edición Inglesa. Editorial Reverté, S. A. Barcelona-Bogotá-Buenos Aires-Caracas-México.

DIRECCIÓN DE MEDIO AMBIENTE, (1998), *"Manual Para Muestreo de Aguas y Sedimentos".* Recopilación Bibliográfica. Quito-Ecuador.

Direcciones electrónicas:

ANONIMO. Circuito.https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=cJ9VNz1Hsuw8wfO6YKADA&gws_rd=ssl#q=circuito++significado

ANÓNIMO. UHT. https://www.google.com.ec/?gfe_rd=cr&ei=cJ9VNz1Hsuw8wfO6YKADA&gws_rd=ssl#q=UHT+significado&spell=1

ANÓNIMO. Densidad relativa. http://es.wikipedia.org/wiki/Densidad_relativa

ANÓNIMO. Cloración. http://es.thefreedictionary.com/cloraci%C3%B3n

ANÓNIMO. Ecualizador. http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-tratamiento-preliminar.html.

Laura García Roche y Verónica Olmo Enjuto. Tecnología de la leche de Vaca. http://ben.upc.es/documents/eso/aliments/html/lacteo-4.html

ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO.

ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS EN ABRIL DEL 2012

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN

INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Informe No: 12-04-32-A-3
Fecha: 2012-05-24

Referencia:	**OT: 12-04-32-A**
Empresa:	**LECHERA ANDINA**
Atención:	Ec. Marco López Tejerina
Dirección:	Leopoldo Mercado s/n y Zaruma
Tipo de ensayos:	Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra:	Agua
Identificación de la muestra:	Muestra de agua residual b+c+j= Mix (25-04-2012)
Descripción de la Muestra:	Sin descripción específica
Muestra tomada por:	Cliente
Fecha de ingreso de muestra:	25-04-2012
Código de la muestra:	OE-12-04-32-A-3
Fecha de realización de ensayos:	25-04-2012/24-05-2012

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	**Limite Máximo Permisible
Cobre*	mg/l	APHA 3111 B	< 0,030	1,0
pH(1)		PNE/DPEC/A/SM 4500-H^+ B	12,05	5-9
Temperatura(2)	°C	PNE/DPEC/A/SM2550H^+ B	15,4	< 40
Aceites y grasas•*	mg/l	APHA 5520 B	7,1	100
DBO_5*	mg/l	APHA 5210 B	238	250
DQO(3)	mg/l	PNE/DPEC/A/SM5220 D	507	500
Sólidos sedimentables*	ml/l	APHA 2540 F	35	20
Sólidos suspendidos*	mg/l	APHA 2540 D	241	220
Sólidos totales*	mg/l	APHA 2540 B	1230	1600
Color Aparente*	u.c Pt-Co	APHA 2120 C	145	-
Sulfuros*	mg/l	APHA 4500-S^{2-} D	0,212	1,0
Índice de Coliformes fecales•	NMP/100 ml	APHA 9221 C	< 1,8	-

Nota.- Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
Nota.- Los resultados marcados con (•*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por El OSP (UCE), que está acreditado para realizar dichas actividades con la acreditación N° OAE LE 1C 04-002
Observaciones: (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U= ±0,07unidades de pH (K=2)
(2) Incertidumbre asociada a la medida de Temperatura %U= ± 1,2 (K=2)
(3) Incertidumbre asociada a la medida de DQO %U= ± 17 (K=2)
**Limite Máximo Permisible de acuerdo a la Tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
Condiciones Ambientales.- Humedad 45%; Temperatura: 17,5ºC

Realizado Por: CEGL

Revisado Por:
Ing. César Alvarado C.
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado Por:
Ing. Gilberto Moya D., Dpl
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@iquce.edu.ec
QUITO - ECUADOR

ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS EN JULIO DEL 2012

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PETRÓLEOS, ENERGÍA Y CONTAMINACIÓN

INFORME DE RESULTADOS
AGUAS

Informe No: 12-07-08-A-1
Fecha: 2012-07-25

Referencia: **OT: 12-07-08-A**
Empresa: **LECHERA ANDINA**
Atención: Ec. Marco López Tejerina
Dirección: Leopoldo Mercado s/n y Zaruma
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos
Tipo de muestra: Agua
Identificación de la muestra: Muestra de agua residual (06-07-2012)
Descripción de la Muestra: Sin descripción específica
Muestra tomada por: Cliente
Fecha de ingreso de muestra: 06-07-2012
Código de la muestra: OE-12-07-08-A-1
Fecha de realización de ensayos: 06-07-2012/24-07-2012

DETERMINACION	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO	**Limite Máximo Permisible
Cobre*	mg/l	APHA 3111 B	<0.030	1,0
pH(1)		PNE/DPEC/A/SM 4500-H^+ B	7,84	5-9
Temperatura(2)	°C	PNE/DPEC/A/SM2550H^+ B	16,4	< 40
Aceites y grasas•*	mg/l	APHA 5520 B	19	100
DBO_5•*	mg/l	APHA 5210 B	110	250
DQO(3)	mg/l	PNE/DPEC/A/SM5220 D	138	500
Sólidos sedimentables*	ml/l	APHA 2540 F	0,7	20
Sólidos suspendidos*	mg/l	APHA 2540 D	901	220
Sólidos totales*	mg/l	APHA 2540 B	1111	1600
Color Aparente*	u.c Pt-Co	APHA 2120 C	47,8	-
Sulfuros*	mg/l	APHA 4500-S^{2-} D	0,273	1,0
Índice de Coliformes fecales•	NMP/100 ml	APHA 9221 C	$2,4X10^6$	-

Nota.- Los ensayos marcados (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
Nota.- Los resultados marcados con (•*) no forman parte del alcance de acreditación del Laboratorio del DPEC y fueron suministrados por El OSP (UCE), que está acreditado para realizar dichas actividades con la acreditación N° OAE LE 1C 04-002
Observaciones: (1) Incertidumbre asociada a la medida de pH, U= ±0,07unidades de pH (K=2)
(2) Incertidumbre asociada a la medida de Temperatura %U= ± 1,2 (K=2)
(3) Incertidumbre asociada a la medida de DQO %U= ± 11 (K=2)
**Limite Máximo Permisible de acuerdo a la Tabla 11 del Anexo 1 del Libro VI del TULAS. Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
Condiciones Ambientales.- Humedad 34%; Temperatura: 19,9ºC

Realizado Por: MFNR

Revisado Por:
Ing. César Alvarado C.
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado Por:
Ing. Gilberto Moya D., Dpl
DIRECTOR DEL LAB. DEL DPEC

ADVERTENCIA: EL USUARIO DEBE EXIGIR EL ORIGINAL. EL DPEC NO SE RESPONSABILIZA POR DOCUMENTOS FOTOCOPIADOS.

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gato Sobral Teléfono: 2904794 / 2544631 ext. 26 Fax: 2529676 E-mail: dpec@iquce.edu.ec
QUITO - ECUADOR

ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS EN SEPTIEMBRE DEL 2012

PREINFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL

SOLICITADO POR:	LECHERA ANDINA
DIRECCIÓN:	KM17 ½ VIA AMAGUAÑA
FECHA DE RECEPCION:	18/09/12
HORA DE RECEPCION:	
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	LECHE 2
FECHA DE ANALISIS:	18-09 AL 08-10-2012
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	09/10/12
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	TURBIA
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	1 GALÓN
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el personal técnico del OSP .

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO_5	mgO_2/l	318	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO_2/l	997	MAM-23 / COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	<0.1	MAM-28 / APHA2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	516	MAM-31 / APHA 2540 D MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES		1166	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
*SULFUROS	ml/l	0.57	APHA4500 S^{2-}
COLOR	HAZEN	1145	APHA2120C
pH	---	6.6	MAM-34 / APHA4500 H+B MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	20.1	MAM-33 / APHA2550 B MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	584	MAM-30 / APHA 2540 C MODIFICADO

CON SELLO

1 2/1

ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS DEL AGUA CLARIFICADA, OCTUBRE DEL 2012

PREINFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL

SOLICITADO POR:	LECHERA ANDINA
DIRECCIÓN:	KM17 ½ VIA AMAGUAÑA
FECHA DE RECEPCION:	18/09/12
HORA DE RECEPCION:	
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	LECHE 1 Clarificada
FECHA DE ANALISIS:	18-09 AL 08-10-2012
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	09/10/12
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	TURBIA
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	1 GALÓN
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el personal técnico del OSP .

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO_5	mgO_2/l	171	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO_2/l	326	MAM-23 / COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	8.0	MAM-28 / APHA2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	238	MAM-31 / APHA 2540 D MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES		844	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
*SULFUROS	ml/l	0.027	APHA4500 S^{2-}
COLOR	HAZEN	375	APHA2120C
pH	---	8.9	MAM-34 / APHA4500 H+B MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	20.1	MAM-33 / APHA2550 B MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	583	MAM-30 / APHA 2540 C MODIFICADO

CON SELLO

1 1/1

ANÁLISIS DE LABORATORIO REALIZADOS DEL AGUA CLARIFICADA Y AIREADA, OCTUBRE DEL 2012

PREINFORME DE RESULTADOS
LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL

SOLICITADO POR:	LECHERA ANDINA
DIRECCIÓN:	KM17 ½ VIA AMAGUAÑA
FECHA DE RECEPCION:	17/09/12
HORA DE RECEPCION:	
MUESTRA DE:	AGUA
DESCRIPCION:	LECHE 3 Aireación
FECHA DE ANALISIS:	17-09 AL 08-10-2012
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARIA	09/10/12
CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS:	TURBIA
ESTADO:	LÍQUIDO
CONTENIDO:	1 GALÓN
MUESTREADO POR:	CLIENTE
OBSERVACIONES:	Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra tomada por el personal técnico del OSP .

INFORME

PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODO
DBO_5	mgO_2/l	113	MAM-38 / APHA5210 B MODIFICADO
DQO	mgO_2/l	340	MAM-23 / COLORIMETRICO MERCK MODIFICADO
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/l	9.0	MAM-28 / APHA2540 F MODIFICADO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/l	240	MAM-31 / APHA 2540 D MODIFICADO
SÓLIDOS TOTALES		825	MAM-29/APHA 2540 B MODIFICADO
*SULFUROS	ml/l	0.45	APHA4500 S^{2-}
COLOR	HAZEN	342	APHA2120C
pH	---	7.1	MAM-34 / APHA4500 H+B MODIFICADO
TEMPERATURA	°C	20.1	MAM-33 / APHA2550 B MODIFICADO
SÓLIDOS DISUELTOS	mg/l	557	MAM-30 / APHA 2540 C MODIFICADO

CON SELLO

1 3/1

ANEXO 2: HOJAS TÉCNICAS Y DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS

HOJA TÉCNICA DEL POLIMERO POLIACRILAMIDA

D I C O M S A Ingeniería Del Agua

DISEÑO INSTALACION CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MAQUINAS INDUSTRIALES

POLIMERO FLOCULANTE ANIÓNICO PARA TRATAMIENTOS DE AGUAS

Polímero IEVR 50

DESCRIPCIÓN

Polímero IEVR 50 es una formulación química de reacción aniónica, elaborado con materias primas de alta calidad, empleado en la clarificación de agua en plantas de potabilización y de uso industrial.

CARACTERISTICA	**IEVR 50**	**Especificación estándar**
Densidad (50% solución Agua)	1.35	1.35
pH (1% solución agua)	5.0 - 7.0	-----

PROPIEDADES:

- El costo del Tratamiento del agua es entre el 20% - 80% más bajo que al de otros floculantes orgánicos.
- Puede causar la precipitación rápida de flocs.
- Tiene un amplio rango de adaptabilidad en aguas crudas de diferentes temperaturas y una buena solubilidad.

DIR: Parque Industrial Jardines de Turubamba S60 26-83 y calle A – Quito - TELFAX: 02 2220-302 0992486911
Potabilizadoras, Ablandadores, Filtros de arena-Carbón, Desmineralizadores, Luz UV, Dosificadores, Polímeros coagulantes-floculantes, Lechos filtrantes, Ozono, Aguas negras

- El producto líquido es adecuado para dosificaciones automáticas y no tapona las tuberías en tiempos de uso largos.

- El producto es perecible en un lapso de 96 horas, por lo que debe ser consumido en un rango no mayor a cuatro días después de su fabricación.

APLICACION.

Es recomendable preparar una solución inicial de Polímero IEVR 50 en agua previamente clarificada, de 50% de concentración emplear para su inyección una bomba dosificadora. Inyectar Polímero IEVR 50 en zona de turbulencia para obtener una adecuada mezcla con el agua a tratar. Inyectar las dosis de acuerdo a una prueba de jarra.

RIESGOS Y PELIGROS

Riesgos A La Salud: Causa irritación en ojos y piel.

Riesgos físicos: No aplica

ALMACENAMIENTO Y MANIPULEO

Polímero IEVR 50 debe ser almacenado a temperaturas entre 5 y 50 grados centígrados, el producto es perecible en un lapso de 96 horas, por lo que debe ser consumido en un rango no mayor a cuatro días después de su fabricación. Se lo expende en recipientes de 35 y 70 Kilos.

HOJA DE SEGURIDAD DEL POLÍMERO POLIACRILAMIDA

DICOMSA Ingeniería del Agua

DISEÑO INSTALACION CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA

ANIONICO IEVR 50

HOJA DE MANEJO DE SEGURIDAD

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL: Poliacrilamida (PAM) seca aniónica
USO: Floculante y coadyuvante de sedimentación para Clarificación de aguas
FÓRMULA QUÍMICA: Polímero
NOMBRE DEL FABRICANTE: DICOMSA
TELEFONO: 02 2220-302
DIRECCION: PARQUE INDUSTRIAL JARDINES DE TURUBAMBA S60 26-83 Y CALLE A

2. COMPOSICIÓN QUIMICA

N°-CAS	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
[64742-52-5 / 54742-88-7 / 5001]	Poliacrilamida aniónica (Destilado nafténico pesado hidrotratado, spirits de naftol, alcohol etoxilados)	Polímero

3. EFECTOS EN LA SALUD

Contacto con la piel	X
Inhalación	
Contacto con los ojos	X
Ingestión	

4. DATOS SOBRE PELIGRO PARA LA SALUD

Contacto con la piel: Puede causar irritación de la piel con exposiciones repetidas.

Inhalación: No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación.
Contacto con los ojos: Puede causar irritación de los ojos con exposiciones repetidas.
Ingestión: No se anticipa que el material sea lesivo por ingestión.

5. INFORMACION SOBRE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con la piel: Quitar la ropa contaminada. Lavar la zona afectada, con abundante agua y jabón. Llame un médico si se irrita la piel.
Inhalación: No aplica
Contacto con los ojos: Inmediatamente lavar con grandes cantidades de agua (quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) durante 15 minutos como mínimo, levantando de tiempo en tiempo los párpados inferior y superior. Consulte un médico (oftalmólogo).
Ingestión: No son necesarias medidas especiales de primeros auxilios.

6. INFORMACION SOBRE FUEGO Y EXPLOSION

MEDIOS DE EXTINCIÓN ADECUADOS	Espuma contra incendio, CO_2 o polvo químico para incendios.
MEDIOS DE EXTINCIÓN INADECUADOS	Ninguno.
PELIGROS ESPECÍFICOS	El polvo puede ser explosivo si se mezcla con el aire en proporciones críticas y en la presencia de una fuente de ignición.
PROTECCIÓN ESPECÍFICA	Usar equipo de protección con aparato de respiración autónomo o en su efecto, usar máscara de respiración para vapores.

7. RIESGO AMBIENTAL

8. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME O FUGAS ACCIDENTALES

Pasos a tomar en caso de derrames:
1.-Aísle la zona.
2.-Recoja lo derramado en lo que sea posible para descarte y deposite en envases de acero inoxidable, fibra de vidrio, plástico o tanques con recubrimientos epóxicos o de vidrio **NUNCA EN ENVASES DE HIERRO, COBRE O ALUMINIO** (para evitar la degradación del producto).
3.-Rocie un poco de agua espere unos minutos hasta que la misma gelifique y recoja con un material seco absorbente

El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección y **tener mucha precaución ya que el producto mojado es resbaloso.**

Métodos de eliminación de desechos: Deseche los residuos cumpliendo con las leyes nacionales, provinciales y municipales.

9. MANIPULACION Y ALMACENAJE

Manipulación:
Mantenga los sacos completamente cerrados en lugares frescos secos y ventilados, protegidos de la luz solar y a temperaturas que oscilen entre 4 - 32 °C (por integridad del producto).
Almacenamiento:
Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilizar contenedores ni equipo de hierro, cobre o aluminio.

10. INFORMACION SOBRE PROTECCION ESPECIAL

PROTECCION RESPIRATORIA: No se requiere
OTRO EQUIPO PROTECTOR: Se requiere guantes impermeables y gafas para su manipulación (evitar el contacto directo).

11. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Color:	blancuzco
Aspecto:	solido
Olor:	inodoro
Temperatura de ebullición/rango	No aplicable
Temperatura de fusión:	No disponible
Presión de vapor:	No aplicable
Gravedad Especificas:	0.75 - 0.95
Densidad de vapor:	No aplicable
% VOLATIL (Por peso):	10 - 13(agua)
pH:	5 - 7(solución acuosa)
Saturación en Aire (% en Vol.):	No disponible
Indice de evaporación:	No aplicable
SOLUBILIDAD EN EL AGUA:	Limitado por la viscosidad
Contenido orgánico volatil:	No disponible
Punto de inflamación:	No aplicable
LIMITES DE INFLAMABILIDAD(% Por Vol):	No aplicable
Temperatura de autoignición:	No disponible
Temperatura de descomposición:	No disponible
Coeficiente de reparto (noctanol/agua):	No disponible

12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

No se considera reactivo

Condiciones a evitar	No conocidas
Materiales a evitar	No hay una incompatibilidad específica
Productos de descomposición peligrosos	Dióxido de carbono Monóxido de carbono Amoniaco Óxidos de nitrógeno

13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN

Eliminación del producto: Disponga de los desechos de acuerdo con las regulaciones locales y estatales.
Empaque:
Recipientes plásticos de polietileno, acero inoxidable, fibra de vidrio o tanques con recubrimientos epóxicos o de vidrio.

14. INFORMACIÓN REGULATORIA

Observaciones para uso: Floculante-coadyuvante de sedimentación para clarificación de aguas

15. ROMBO DE SEGURIDAD

Azul: Ligeramente peligroso para la salud
Rojo: No combustible
Amarillo: No reactivo
Blanco: Ninguna

Responsable:

Ing. Edgar Vásquez
DICOMSA

HOJA TÉCNICA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

DICOMSA Ingeniería del Agua

DISEÑO INSTALACION CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA

POLIMERO COAGULANTE CATIONICO PARA TRATAMIENTOS DE AGUAS

Polímero Vx 50.

DESCRIPCIÓN

Polímero Vx 50 es una formulación química de reacción catiónica, elaborado con materias primas de alta calidad (policloruro de aluminio), utilizado como un floculante primario o auxiliar de coagulación, empleado en la clarificación de agua en plantas de potabilización y de uso industrial, también se lo utiliza en remoción de sólidos suspendidos para aguas residuales.

N°-CAS	% PESO	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
1327-41-9	≤ 50	POLICLORURO DE ALUMINIO	(Al2(OH)n. Cl6- n)x

CARACTERISTICA	PAC Vx 50	Especificación estándar
Densidad (50% solución Agua)	1.26	1.25
AL2O3 % ≥	10.	9.0
Gravedad específica 24°C (solución al 1%)	1.32 +/- 0.1 (25°C)	1.32 +/- 0.1 (25°C)
Punto de ebullición (solución al 1%):	200°C	----
Olor:	Característico	----

DIR: Parque Industrial Jardines de Turubamba S60 26-83 y calle A – Quito - TELFAX: 02 2220-302 0992486911
Potabilizadoras, Ablandadores, Filtros de arena-Carbón, Desmineralizadores, Luz UV, Dosificadores, Polímeros coagulantes-floculantes, Lechos filtrantes, Ozono, Aguas negras

Solubilidad en agua	Completa	Completa
Basicidad %	50.0 – 85.0	45.0 – 85.0
Sustancia Insoluble % ≤	0.5	1.0
pH (1% solución agua)	3.5 - 5.0	-----
pH (50% solución agua)	1.89 - 2.09	-----

PROPIEDADES:

- El costo del Tratamiento del agua es entre el 20% - 80% más bajo que al de otros floculantes orgánicos.
- Provoca coagulación instantánea y formación rápida de flocs, flocs grandes y precipitación rápida.
- Tiene un amplio rango de adaptabilidad en aguas crudas de diferentes temperaturas y una buena solubilidad.
- El producto líquido es adecuado para dosificaciones automáticas. Es ligeramente corrosivo y conveniente para la operación. Además no tapona las tuberías en tiempos de uso largos.

APLICACION.

Es recomendable preparar una solución inicial de Polímero Vx 50 en agua previamente clarificada, de 10% de concentración. Emplear para su inyección una bomba dosificadora resistente a la corrosión (de plástico)
Inyectar Polímero Vx 50 en zona de turbulencia para obtener una adecuada mezcla con el agua a tratar. Inyectar las dosis de acuerdo a una prueba de jarra.

Para mejores resultados aplicar el producto luego de la oxidación con hipoclorito en la planta de tratamiento donde se va a utilizar.

RIESGOS Y PELIGROS

Riesgos A La Salud: Causa irritación en ojos y piel

Riesgos físicos: Reacciona con sustancias alcalinas, melifica en presencia de ácidos con oxidantes desprende gases.

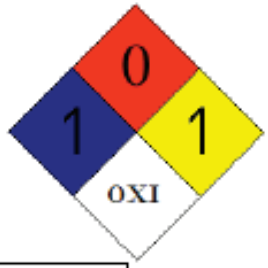
ALMACENAMIENTO Y MANIPULEO

Polímero Vx 50 debe ser almacenado a temperaturas entre 5 y 50 grados centígrados Se lo expende en recipientes plásticos de 250 Kilos.

HOJA DE SEGURIDAD DEL POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

DICOMSA Ingeniería del Agua

DISEÑO INSTALACION CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS PARA TRATAMIENTO DE AGUA



POLÍMERO VX 50

HOJA DE MANEJO DE SEGURIDAD

1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

NOMBRE COMERCIAL: PAC (Policloruro de aluminio 50%)
USO: Floculante para clarificación de aguas y efluentes
FÓRMULA QUÍMICA: (Al2(OH)n. Cl6- n)x
NOMBRE DEL FABRICANTE: DICOMSA
TELEFONO: 02 2220-302
DIRECCION: Parque Industrial Jardines de Turubamba S60 26-83 y Calle A

2. COMPOSICIÓN QUIMICA

N⁰-CAS	% PESO	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
1327-41-9	≤ 50	POLICLORURO DE ALUMINIO	(Al2(OH)n. Cl6- n)x

3. EFECTOS EN LA SALUD

Contacto con la piel	X
Inhalación	
Contacto con los ojos	X
Ingestión	X

4. DATOS SOBRE PELIGRO PARA LA SALUD

Contacto con la piel: Ligera irritación o enrojecimiento
Inhalación: Este material no es volátil por tanto no genera vapores tóxicos.
Contacto con los ojos: Ardor, irritación y enrojecimiento.
Ingestión: Puede causar Irritación

5. INFORMACION SOBRE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con la piel: Lave la piel con una solución jabonosa y enjuague con abundante agua por lo menos durante 15 minutos.

Inhalación: Este material no es volátil por tanto no genera vapores tóxicos.
Contacto con los ojos: Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar los lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
Ingestión: No induzca al vómito. Lave la boca, dé abundante agua a beber, ó 1 litro de leche.

6. INFORMACION SOBRE FUEGO Y EXPLOSION

MEDIOS DE EXTINCIÓN ADECUADOS	No inflamable, utilizar medios apropiados para el material en contacto.
MEDIOS DE EXTINCIÓN INADECUADOS	Ninguno.
PELIGROS ESPECÍFICOS	Descomposición térmica (>200 ° C) puede producir humos de HCl.
PROTECCIÓN ESPECIFICA	Equipo de seguridad adecuado.

7. RIESGO AMBIENTAL

Biodegradabilidad: es la característica de algunas sustancias de poder ser utilizadas como Sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. En general los cloruros suelen tener mala biodegradabilidad y permanecer durante años en el medio ambiente. Debido a su carácter hidrofóbico se acumula en las grasas especialmente en los últimos eslabones de la cadena alimenticia y pueden provocar problemas de salud.

8. PROCEDIMIENTO EN CASO DE DERRAME O FUGAS ACCIDENTALES

Pasos a tomar en caso de salpicaduras: Lavar con mucha agua y jabón.

Pasos a tomar en caso de derrames:
Aísle la zona.
Recoja el material derramado usando un material absorbente como tierra, arena o aserrín.
Lave la zona con solución jabonosa, si es necesario neutralice el suelo con cal o una solución de soda cáustica.
Arroje abundante agua a la zona del derrame.
El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección completo.

Métodos de eliminación de desechos: Una vez neutralizado envíe a un vertedero sanitario de basura, cumpliendo con las leyes nacionales, provinciales y municipales.

9. MANIPULACION Y ALMACENAJE

El producto se distribuye a granel en tanques de polietileno de 250 kg.
Mantenga los recipientes completamente cerrados en lugares frescos secos y bien ventilados, protegidos de la luz solar.
Proteja los recipientes de daños físicos y aísle las sustancias incompatibles.
Los recipientes vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos por tanto una vez vacíos manténgalos tapados hasta que el proveedor disponga de ellos.
Abra los tanques o canecas cuidadosamente haciendo uso de gafas protectoras y guantes.

10. INFORMACION SOBRE PROTECCION ESPECIAL

PROTECCION RESPIRATORIA: No se requiere
OTRO EQUIPO PROTECTOR: Se requiere guantes de neopreno y gafas para su manipulación

11. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS

Forma física:	Líquido
Color:	De amarillo a café
pH (solución al 1%):	3-5
Gravedad específica 24°C (solución al 1%)	1.32 +/- 0.1 (25°C)
Punto de ebullición (solución al 1%):	200°C
Olor:	Característico
Solubilidad en agua	Completa

12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones a evitar	Evitar el contacto con clorito sulfito e hipoclorito

Materiales a evitar	Superficies galvanizadas y acero al carbono
Productos de descomposición peligrosos	Descomposición térmica (>200 grados Celsius) puede generar vapores de HCl

13. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN

Eliminación del producto: Disponga de los desechos de acuerdo con las regulaciones locales y estatales.
Empaque:
Recipientes plásticos de polietileno.

14. INFORMACIÓN REGULATORIA

Observaciones para uso: Floculante-coagulante para clarificación de aguas y efluentes

15. ROMBO DE SEGURIDAD

Azul: Ligeramente peligroso para la salud
Rojo: No combustible
Amarillo: Ligeramente reactivo
Blanco: Oxidante

Responsable:

Ing. Edgar Vásquez
LP:0617163
DICOMSA

ANEXO 3: REGISTRO FOTOGRÁFICO

PROCESOS GENERADORES DE DESCARGAS LÍQUIDAS DE LA PLANTA ENVASADORA DE LECHE.

Foto 8. Procesos generadores de efluentes líquidos. Perdidas en la recepción de leche, lavado de tanques y pisos

Foto 9. Procesos generadores de efluentes líquidos en los procesos de lavado de las canastillas plásticas para el transporte de leche envasada

Foto 10. Caja de revisión. Descarga del efluente líquido sin tratamiento al sistema de alcantarillado municipal.

EQUIPAMIENTO PARA LA PROPUESTA FINAL DE TRATAMIENTO

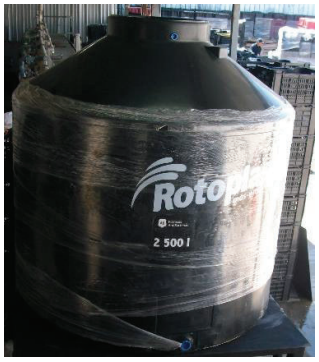
Foto 11. Tanque de Homogenización.	**Foto 12.** Motorreductor del Tanque de Homogenización.
	
Foto 13. Tanque de 1000 l (2), con la bomba centrífuga utilizados para el proceso de clarificación.	**Foto 14.** Tanque de 2500 l para el proceso de clarificación.
Foto 15. Bombas dosificadoras del coagulante y recipiente contenedor del Policloruro diluido al 50%, para el proceso de clarificación.	**Foto 16.** Tanque Pulmón de 1100l.

Foto 17. Bomba del proceso de Filtración.

Foto 18. Filtros de Arena prefabricados, con su sistema de válvulas, tuberías y uniones.

Foto 19. Bombas dosificadoras del Hipoclorito de Sodio. Para el proceso de desinfección.

ANEXO 4: MANUAL BÁSICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

ENCENDIDO DE LA PLANTA.

Para su encendido es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Verificar nivel de tanque de homogenización.
2. Verificar existencia de químico coagulante.
3. Verificar que el clarificador este vacío
4. Verificar que la válvula de entrada de agua al clarificador este abierta.
5. Colocar en posición On el selector de las Bombas de alimentación
6. Verificar que la dosificadora esté cebada.
7. Verificar que las bombas estén cebadas.
8. Limpiar la cama de lodos

FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA

El funcionamiento de la planta viene explicado en los siguientes pasos:

1. Con el selector Bomba de alimentación en posición ENCENDIDO enciende las bombas de alimentación, espera que el radar de nivel máximo de la orden de apagado.
2. La bomba de alimentación se apaga y se enciende la dosificadora que envía el químico coagulante al sedimentador, luego de 3.5 minutos se enciende el motor reductor para realizar la mezcla, este proceso se realiza automáticamente.
3. Luego de 3,5 minutos se apaga en forma automática la dosificadora y luego de 3 minutos se apaga automáticamente el motor reductor.
4. Esperar 30 minutos para que coagule, flocule y sedimente el agua.
5. Luego automáticamente se abre la válvula de desfogue del clarificador y envía el agua al tanque de filtración.

6. Una vez lleno el tanque pulmón la bomba de filtración envía agua a los filtros automáticos, se filtra el agua y se enciende la dosificadora de hipoclorito de sodio para la desinfección.

MANTENIMIENTO DE LA PLANTA.

El mantenimiento de la planta incluye una purga de lodos diarios de los tres tanques de sedimentación
La limpieza de la planta se debe realizar al menos 1 vez a la semana, se incluye en la limpieza evacuación total del agua del tanque de homogenización de los tanques sedimentadores y tanque pulmón para la filtración.

MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE ARENA.

Este filtro de arena requiere de un retro lavado de 3 minutos por una hora de funcionamiento, cada unidad de manera alternada.
Cambio de los lechos filtrantes cada 6 meses de funcionamiento.
Epoxicado interior al menos 1 vez cada año

MANTENIMIENTO DE LOS DOSIFICADORES

El mantenimiento se lo debe realizar por lo menos dos veces al año en lo que tiene que ver con válvulas y lubricación de reductor.

Las válvulas se limpian con ácido diluido al 50% haciéndola succionar por 10 minutos con las perillas calibradas a la mitad.
Cuando se realice esto la descarga de los dosificadores deben estar desconectados de la planta.

Una limpieza general de la planta se debe realizar cada seis meses para optimizar su funcionamiento, esto incluye limpieza de tanque de homogenización, tanque de floculación y sedimentación.