



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS.

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS.

**“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE
LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “PILLARO” UBICADA EN EL
CANTÓN PILLARO- TUNGURAHUA”**

Tesis de grado previo la obtención del título de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL.

DANIELA MARÍA LLANOS CAMPAÑA.

Riobamba- Ecuador.

2013

Agradecimiento.

- ❖ Agradezco a Dios por iluminarme siempre por el camino correcto, por brindarme la paciencia de sobrellevar cada momento con prudencia y así terminar con éxito en toda etapa de mi vida.

- ❖ A mi familia por haberme dado la oportunidad de seguir adelante con mis estudios y ser el apoyo incondicional en los momentos difíciles, guiando y aconsejándome para salir adelante en todo proyecto.

- ❖ Agradezco a Productos Lácteo Pillaro, en especial a sus propietarios; señor Javier Avalos y Martha Rodríguez como también la ayuda del técnico Omar Rojas y demás personal por todo el apoyo brindado.

- ❖ A mi Director de Tesis Doctor Fausto Yaulema, a mi colaborador Doctor Jorge León, quienes aportaron sus valiosos conocimientos para la ejecución de la presente investigación.

- ❖ Quiero agradecer también a mis profesores y amigos quienes estuvieron conmigo en el transcurso de mi carrera universitaria.

Dedicatoria.

El presente trabajo está dedicado al esfuerzo de mis padres Guido Llanos y Ana Campaña, por darme el apoyo necesario para culminar con éxito mis estudios universitarios, y ser un pilar fundamental en mi vida y en la de mis hermanas.

“Yo, Daniela María Llanos Campaña, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.”

Daniela María Llanos Campaña

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

FACULTAD DE CIENCIAS.

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal de tesis certifica que el trabajo de investigación **“DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “PILLARO” UBICADA EN EL CANTÓN PILLARO- TUNGURAHUA”**, de responsabilidad de la señorita Daniela María Llanos Campaña ha sido prolijamente revisado por los miembros del tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación

	FIRMA	FECHA
Dr. Silvio Álvarez. DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS.	_____	_____
Dra. Nancy Veloz. DIRECTORA DE ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS.	_____	_____
Dr. Fausto Yaulema. DIRECTOR DE TESIS.	_____	_____
Dr. Gerardo León. MIEMBRO DEL TRIBUNAL.	_____	_____
Dr. Roberto Erazo MIEMBRO DEL TRIBUNAL.	_____	_____
Lic. Carlos Rodríguez DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN	_____	_____
NOTA DE LA TESIS	_____	

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

CAR/PL	Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia
°C	Grados Centígrados
Cm	Centímetro
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días.
DQO	Demanda Química de Oxígeno
SS	Sólidos en suspensión.
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
FAO	Organización para la Alimentación y la Agricultura
g/mL	Gramo por mililitro
H	Altura
B	Ancho
h	Horas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Ha	Hectárea
Kg/m	Kilogramos por metro cúbico
L	Litro
Lg	Largo
m	Metro
m/s	Metro por segundo
m³	Metro cúbico
mg	Miligramo
mg/L	Miligramo por litro

ml	Mililitro
mm	Milímetro
OPS	Organización Panamericana de la Salud
pH	Potencial de Hidrógeno
Q	Caudal
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
UFC/100mL	Unidades formadoras de colonias por 100 mL
UHT	Ultrapasterización o esterilización a temperaturas ultra-altas
Und	Unidades
v	Velocidad.
V	Volumen

ÍNDICE

1	MARCO TEÓRICO.....	1
1.1	INDUSTRIA LÁCTEA.....	1
1.1.1	Productos lácteos.....	1
1.2	AGUA RESIDUAL.....	8
1.2.1	Clasificación del agua residual láctea.....	9
1.2.2	Caracterización del agua residual láctea.....	9
1.3	CAUDAL.....	11
1.3.1	Medición de caudales.....	11
1.3.2	Muestreo de aguas residuales.....	12
1.4	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.....	16
1.4.1	Tipo de tratamientos.....	16
1.5	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIALES LÁCTEAS.....	19
1.5.1	Rejillas.....	21
1.5.2	Coagulación- floculación.....	25
1.5.3	Sedimentador Primario.....	31
1.5.4	Lodos activados.....	35
1.5.5	Sedimentador secundario.....	47
1.5.6	Tratamiento de lodos.....	49
1.5.7	Desinfección.....	57
1.6	NORMATIVA AMBIENTAL.....	59
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	62
2.1	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	62
2.1.1	Localización de la investigación.....	62
2.1.2	Evaluación de impactos ambientales.....	64
2.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	67
2.2.1	Materiales para la medición de caudales.....	67
2.2.2	Materiales de muestreo.....	67
2.2.3	Materiales de topografía.....	67
2.3	METODOLOGÍA.....	68
2.3.1	Reconocimiento de la planta.....	68
2.3.2	Determinación del consumo de agua.....	68
2.3.3	Medición de caudal.....	73

2.3.4	Muestreo.....	74
2.3.5	Caracterización del agua residual.	74
2.3.6	Método topográfico.....	76
2.3.7	Dimensionamiento de la planta de tratamiento.....	76
2.3.8	Elaboración de planos	76
2.3.9	Método de evolución de impactos.	77
3	CÁLCULOS Y RESULTADOS.....	78
3.1	CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	78
3.1.1	Población de diseño.	78
3.1.2	Caudal de diseño.....	79
3.1.3	Caracterización del agua residual.	81
3.1.4	Cálculos del dimensionamiento de la planta de tratamiento.....	83
3.2	CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES.	100
3.3	IMPACTO AMBIENTAL.	103
3.4	RESULTADOS.....	108
3.4.1	Medición de caudal.	108
3.4.2	Caracterización del agua.	109
3.4.3	Resultados de topografía.	110
3.4.4	Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento.	110
3.4.5	Planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.	118
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	122
4.1	Conclusiones.	122
4.2	Recomendaciones.	124
	RESUMEN.....	128
	SUMMARY.	130
	ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla I. Comparación de caracterización de aguas residuales de dos industrias lácteas del Ecuador.	10
Tabla II. Coeficiente de pérdida para rejillas.....	25
Tabla III. Clasificación de los floculadores.....	26
Tabla IV. Criterios de diseño de floculadores mecánicos.	27
Tabla V. Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas.	28
Tabla VI. Propiedades del agua a diferentes temperaturas.....	30
Tabla VII. Velocidades terminales a caudal medio.	33
Tabla VIII. Velocidades terminales a caudal máximo.	33
Tabla IX. Tiempo de retención para sedimentadores.....	35
Tabla X. Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados.	37
Tabla XI. Datos de sedimentación de SSLM.....	43
Tabla XII. Parámetro de diseño para el proceso de lodos activados.....	44
Tabla XIII. Características de funcionamiento del proceso de fangos activados.	46
Tabla XIV. Edad de lodos para diseño de digestores anaerobios de mezcla completa.	53
Tabla XV. Coeficientes cinéticos para la digestión anaerobia.	53
Tabla XVI. Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes.	57
Tabla XVII. Descargas al sistema de alcantarillado.	59
Tabla XVIII. Matriz de Leopold.....	65
Tabla XIX. Métodos usados por LAB-CESTTA para el análisis físico- químico y microbiológico de aguas residuales.	75
Tabla XX. Escala de Valoración de la Severidad del Impacto.	77
Tabla XXI. Datos de Producción.	78
Tabla XXII. Dotación de agua por litro de producto elaborado.	79

Tabla XXIII. Caudal de diseño.	80
Tabla XXIV. Resultados de laboratorio.	81
Tabla XXV. Matriz de Leopold.	107
Tabla XXVI. Caudal promedio diario.	108
Tabla XXVII. Resultados dimensionamiento Rejillas.	110
Tabla XXVIII. Resultados dimensionamiento floculador.	111
Tabla XXIX. Resultados dimensionamiento sedimentador primario.	112
Tabla XXX. Resultados dimensionamiento lodos activados.	113
Tabla XXXI. Resultados dimensionamiento sedimentador secundario.	115
Tabla XXXII. Resultados dimensionamiento digestión anaerobia de lodos.	116
Tabla XXXIII. Resultados dimensionamiento eras de secado.	117
Tabla XXXIV. Resultados dimensionamiento del tanque de desinfección.	118
Tabla XXXV. Cálculo de caudal del día lunes.	133
Tabla XXXVI. Cálculo de caudal del día martes.	135
Tabla XXXVII. Cálculo de caudal del día miércoles.	137
Tabla XXXVIII. Cálculo de caudal del día jueves.	139
Tabla XXXIX. Cálculo de caudal del día viernes.	141
Tabla XL. Cálculo de caudal del día sábado.	143
Tabla XLI. Cálculo de caudal del día domingo.	144

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de flujo para el proceso de leche tratada térmicamente.....	2
Figura 2. Diagrama de proceso de elaboración de queso.	5
Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogurt.	7
Figura 4. Vista planta de un sistema de rejillas de dos cámaras.	22
Figura 5. Diferente forma de rejillas.	25
Figura 6. Tanque de sedimentación primaria.....	32
Figura 7. Esquema del proceso convencional de lodos activados.	36
Figura 8. Localización del área de estudio.	62
Figura 9. Instalaciones de Productos Lácteos Pillaro.....	63
Figura 10. Área libre Productos Lácteos Pillaro.	63
Figura 11. Marcas de comercialización del producto.....	64
Figura 12. Balance de masa (Leche)	69
Figura 13. Balance de masa (Yogurt).....	70
Figura 14. Balance de masa (Naranjada).....	71
Figura 15. Balance de masa (Quesos)	72
Figura 16. Inclinación de la varilla.....	84
Figura 17. Variación diaria de caudales.	109
Figura 18. Esquema de la Planta de tratamiento de agua residual propuesta.....	119
Figura 19. Variación horaria del caudal del día lunes.....	134
Figura 20. Variación horaria del caudal del día martes.....	136
Figura 21. Variación horaria del caudal del día miércoles.	138
Figura 22. Variación horaria del caudal del día jueves.	140
Figura 23. Variación horaria del caudal del día viernes.	142

Figura 24. Variación horaria del caudal del día sábado.	144
Figura 25. Variación horaria del caudal del día domingo.	146

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo A. Cálculo del caudal monitoreado.....	133
Anexo B. Fotografía medición de caudales.....	146
Anexo C. Fotografía medición de la temperatura.....	146
Anexo D. Fotografía de materiales y envases requeridos.....	147
Anexo E. Resultados de análisis físico-químicos, biológicos y microbiológicos del agua residual.....	148
Anexo F. Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales.....	152

Introducción.

Debido al gran desarrollo industrial del mundo y del país se han incrementado notablemente la gran diversidad de industrias, entre ellas las del sector lácteo y como consecuencia de este desarrollo se ha elevado la contaminación a los distintos recursos hídricos. Las alternativas de mejoramiento constante por parte de las industrias son muy variadas pero en ocasiones no es suficiente para garantizar una relación amigable con el ambiente y las actividades desarrolladas por parte de las empresas e industrias. De esta manera una de la alternativa para mitigar los impactos hacia el ambiente es mediante un correcto diseño una planta de tratamiento de aguas residuales.

Productos Lácteos Pillaro es una industria láctea asentada en el cantón Pillaro en la provincia de Tungurahua, la cual ofrece una gran variedad de productos, por ello se ha interesado en adoptar medidas de mitigación a los impactos generados por sus actividades.

Siguiendo este enfoque Productos lácteos Pillaro posee un sistema de recirculación del agua del proceso de producción, como también una reutilización del agua del procesos de esterilización, empleándola en el lavado de pisos antes de iniciar sus labores como también usándola en el lavado de materiales durante el proceso productivo, además posee certificaciones las cuales le permiten reutilizar el lactosuero generado volviéndolo a emplear casi en toda su totalidad en la elaboración de distintas bebidas. Por ello Productos lácteos Pillaro brinda el apoyo para el desarrollo del presente estudio, ya que de esta manera la industria busca una alternativa de no afectar al ambiente por sus actividades, por lo cual está interesada en cumplir los niveles permisibles estipulados en las leyes vigentes, mejorando así su imagen al público en general.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de Productos Lácteos “Pillaro”, ubicada en el cantón Pillaro- Tungurahua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el agua residual proveniente de las descargas de la industria.
- Evaluar los parámetros obtenidos mediante los análisis del agua residual.
- Dimensionar correctamente los procesos de acuerdo a los datos obtenidos y al área de terreno disponible.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO.

1.1 INDUSTRIA LÁCTEA.

Las industrias lácteas son fábricas del sector agroalimentario que emplean como materia prima la leche de origen animal, principalmente aquella proveniente de vacas para la elaboración de diversos productos para consumo humano.

1.1.1 Productos lácteos.

Son un grupo alimenticio integrado principalmente por leche, quesos, yogurt, crema, entre otros, los cuales están constituidos por proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales y lípidos, estas características nutricionales los convierten en alimentos indispensable para una dieta equilibrada.

1.1.1.1 Clasificación de los productos lácteos.

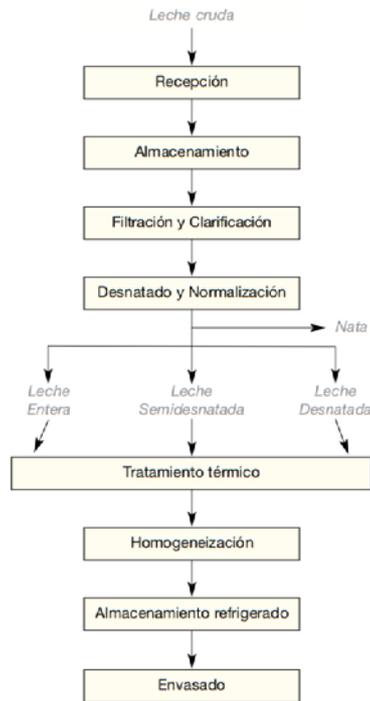
1.1.1.1.1 Leche.

La leche es la secreción natural de las glándulas mamarias, siendo una fuente de calcio, es el producto integral del ordeño total e ininterrumpido, en condiciones de higiene que da la vaca lechera en buen estado de salud y alimentación.(10)

1.1.1.1.1.1 Descripción de los procesos de producción de la leche.

La leche antes de ser consumida debe ser sometida a varios procesos para asegurar su calidad óptima para su ingesta, el proceso general de obtención de leche se puede resumir en la siguiente figura:

Figura 1. Diagrama de flujo para el proceso de leche tratada térmicamente.



Fuente:CAR/PL 2002

Recepción.

Es el proceso en el cual la leche es entregada a la planta láctea a través de varios tanques de distintos materiales y tamaños como acero inoxidable o plástico.

Almacenamiento.

Una vez llegada la leche se la almacena y es refrigerada por un tiempo pequeño hasta que ésta entre en la línea de producción.

Filtración.

Sirve para remover cualquier partícula que se haya introducido en la leche debido al proceso de ordeño y transporte.

Desnatado y normalización.

Es un proceso en el cual se separa la materia grasa del resto de la leche, debido a que ciertos productos deben contener escasa cantidad de grasa, por ello esta crema o nata suele ser usada para posterior normalización del contenido graso del producto.

Tratamiento térmico.

El propósito del tratamiento térmico es la destrucción completa de los microorganismos que están contenidos en la leche. Un efecto adicional es la inactivación en mayor o menor grado de las enzimas lácteas, en estos procesos destacan:

- **Pasteurización.**

Este proceso consiste en el calentamiento de la leche a temperatura inferior al punto de ebullición valores entre 72-85°C por 15 o 30 segundos para posterior enfriamiento a 4 °C lo que garantiza la eliminación de microorganismos.

- **Esterilización.** Dentro de este proceso encontramos:

- La esterilización propiamente dicha, que es un tratamiento térmico capaz de destruir todos los microorganismos patógenos e inactivar las enzimas. Se realiza a 100-120 °C durante 20 minutos.
- El tratamiento UHT o ultrapasterización o esterilización a temperaturas ultra-altas, es un proceso térmico que consiste en exponer la leche durante un corto lapso de tiempo (2.5 segundos) a una temperatura que oscila entre 135 y 150 °C y seguido de un rápido enfriamiento. Esto se hace de una forma continua y en recinto cerrado que garantiza que el producto no se contamine.

Homogenización.

Es un proceso físico empleado a la disminución del tamaño del glóbulo graso cuyo efecto provoca una coloración más blanca a la leche.

Almacenamiento refrigerado.

La leche es almacenada en tanques de refrigeración antes de ser envasada, permitiendo controlar la calidad de la leche.

Envasado.

Una vez obtenida a la leche se procede a su envasado siendo los más usados envases de plástico o tetrabrik, para su posterior comercialización.

Limpieza de equipos.

Acabado el proceso de producción es necesario limpiar muy bien los equipos para garantizar las condiciones de asepsia necesarias para mantener la buena calidad del producto.

1.1.1.1.2 Queso.

Es el producto fresco o madurado, sólido o semisólido, obtenido de la separación del serúm después de la coagulación de la leche natural por la acción del cuajo u otro coagulante. (11)

1.1.1.1.2.1 Descripción de los procesos de producción del queso.

Para la elaboración de quesos la leche debe estar debidamente tratada es decir, debe estar filtrada, clarificada y normalizada, a continuación se muestran los pasos para la elaboración de este producto.

Figura 2. Diagrama de proceso de elaboración de queso.



Fuente:CAR/PL 2002

Coagulación.

La leche pasteurizada se la coloca en recipientes los cuales tendrán adición de cultivos los mismos que transformarán en cuajada, esta operación de coagulación se basa en provocar la alteración de la caseína y su precipitación, dando lugar a una masa gelatinosa que engloba todos los componentes de la leche.

Corte y desuerado.

El desuerado se obtiene de la coagulación y da lugar a una masa cuajada, una vez coagulada la leche, esta debe ser cortada de forma lenta y cuidadosa para favorecer la salida del suero retenido en la masa, es normal que se haga una agitación suave de la cuajada para disminuir el suero retenido y obtener con ello un queso más compacto y con humedad uniforme.

Moldeo y prensado.

Es la colocación de la cuajada en moldes, los mismos que son de diferentes materiales ya sean de metal, plástico o madera los cuales proporcionan la forma y tamaños de los quesos.

Salado.

Es la colocación en piletas de salmuera, las cuales aseguran la conservación e inhiben el crecimiento de microorganismos, en este proceso se determina el sabor de queso deseado.

Secado.

Consiste en exponer el queso a una corriente de aire en condiciones diseñadas, para secar el producto final y transcurrir a la siguiente etapa.

Maduración.

Los quesos, una vez salados y secados, son llevados a las salas o cámaras de maduración, en las que se controla la temperatura y la humedad, dando lugar a un producto acabado con unas determinadas características de aroma, sabor y textura.

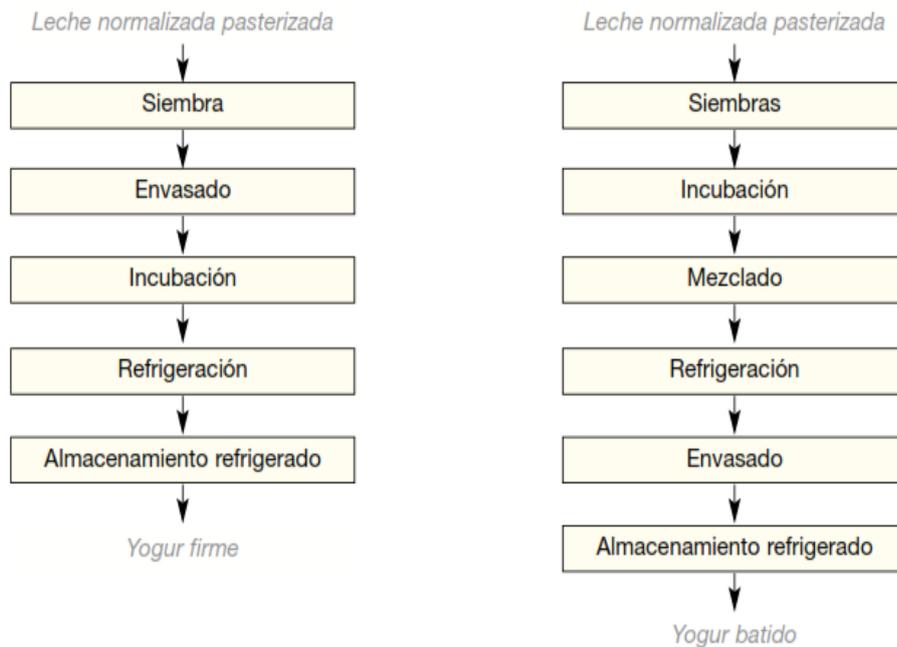
1.1.1.1.3 Yogurt.

El yogurt es un derivado de la leche que se obtiene al añadir a la leche, entera o desnatada, hervida, fermentos como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* que degradan la lactosa transformándola en ácido láctico.

1.1.1.1.3.1 Descripción de los procesos de producción del yogurt.

Para la fabricación de yogurt se parte de leche normalizada en su contenido graso y pasteurizada para evitar contaminaciones microbianas no deseadas, en la siguiente figura se puede observar los pasos de producción del yogurt.

Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del yogurt.



Fuente:CAR/PL 2002

Siembra.

La siembra consiste en la inoculación del fermento en la leche previamente calentada a la temperatura de incubación apropiada. Dependiendo del tipo de yogurt, la siembra puede efectuarse en régimen de continuidad, dosificando el cultivo directamente en el caudal de leche antes del envasado o de forma discontinua añadiéndolo en el tanque de incubación.

Incubación.

En esta etapa los microorganismos fermentativos metabolizan la lactosa produciendo ácido láctico. Este fenómeno hace que el pH descienda produciéndose la coagulación de la caseína, este proceso tiene lugar en unas condiciones determinadas de temperatura y tiempo (42-45 °C durante 2,5-3 horas), que varían en función del tipo de fermento utilizado. Una vez que se ha producido la coagulación de la caseína el proceso se detiene haciendo descender la temperatura de forma brusca.

Refrigeración.

El enfriamiento del yogurt paraliza las reacciones fermentativas, evitando que éste siga acidificándose.

Envasado.

Generalmente para el envasado del yogurt se utilizan envases de poliestireno con tapas laminadas de aluminio recubierto de polietileno sellable con calor.

Almacenamiento

El yogurt es almacenado a una temperatura de 5 °C, lo cual garantiza una mejor preservación del producto antes de su distribución y venta.

1.2 AGUA RESIDUAL.

Se conoce como agua residual aquella que proviene de un uso determinado y que transporta ciertos residuos o desechos, constituyendo un foco de contaminación en los sistemas en los cuales son descargados.

La clasificación de las aguas residuales es muy variada pero sin embargo las más conocidas son; agua residual doméstica, industrial, agropecuaria, etc.

El agua residual industrial es el agua proveniente de las distintas industrias y posee una variada composición todo ello dependiendo de las actividades que se desarrollen en las instalaciones.

1.2.1 Clasificación del agua residual láctea.

Debido a los distintos procesos llevados en las industrias lácteas se puede clasificar al efluente generado de la siguiente manera.

- **Agua de Proceso:** es el agua que interviene en el proceso de fabricación y que entra en contacto con el producto a transformar.
- **Agua de Limpieza de equipos e instalaciones:** Indispensable para la industria de alimentos para garantizar la higiene general requerida.
- **Agua de Servicios:**son las necesarias para el funcionamiento de equipos de refrigeración, purgas de calderas, etc.
- **Agua Sanitaria:** Proveniente de los servicios sanitarios del personal que trabaja en la industria.(12)

1.2.2 Caracterización del agua residual láctea.

La caracterización del agua residual proveniente de industrias lácteas es compleja debido a los procesos que cada una realiza, sin embargo varios estudios coinciden en un aumento considerable en diversos parámetros como aceites y grasas, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos y total de sólidos disueltos, entre otros.

Todo ello depende de la cantidad de leche y suero que se introduzca en el efluente final provocando una mayor carga orgánica contaminante.

Las aguas residuales de las industrias de tratamiento de leche presentan las siguientes características generales:

- Marcado carácter orgánico (elevada DBO₅ y DQO) ya que leche tiene una DBO₅ de 100.000 mg/L.
- Alta biodegradabilidad.
- Presencia de aceites y grasas
- Altas concentraciones de nutrientes (fósforo y nitratos).
- Presencia de sólidos en suspensión, principalmente en la elaboración de quesos.
- Ocasionalmente pueden tener pH extremos debidos a las operaciones de limpieza.
- Uso de ácidos y bases en las limpiezas. (13)

Existen varios estudios a industrias lácteas en el Ecuador en los que podemos encontrar la caracterización de sus efluentes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla I. Comparación de caracterización de aguas residuales de dos industrias lácteas del Ecuador.

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADO Empresa 1	RESULTADO Empresa 2
pH	Und	4.74	6.71
Temperatura	°C	30.00	-----
Conductividad	µSiems/cm	7,820.20	-----
Alcalinidad	mg/L	1,130.00	-----
Acidez	mg/L	3,220.00	-----
Turbiedad	NTU	3,921.00	-----
Cloruros	g/L	101.90	-----
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	18,400.00	13800
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	12,500.00	7472
Hierro	mg/L	0.17	-----

Fosfatos	mg/L	14.96	-----
Nitritos	mg/L	0.005	-----
Nitrógeno de Nitratos	mg/L	104.40	-----
Sulfatos	mg/L	462.00	-----
Aceites y Grasas	mg/L	4,600.00	3089
Sólidos en Suspensión	mg/L	1,020.00	4300
Sólidos Disueltos	mg/L	4,848.00	-----
Sólidos Totales	mg/L	36,620.00	-----
Coliformes Totales UFC/100 mL		39,500.00	-----
Coliformes Fecales UFC/100 mL		Ausencia	-----

Fuente: Caracterización de los parámetros de calidad del agua desalojada por la empresa de productos lácteos Marco's con el fin de disminuir su contaminación en el cantón Pillaro, provincia de Tungurahua. Pp 86,87. Desarrollo de un plan de manejo ambiental para la industria de leche "Floralp" ubicada en el cantón Ibarra-Imbabura, Pp 67.

1.3 CAUDAL.

El caudal es el volumen de agua residual por unidad de tiempo, convirtiéndolo en un parámetro muy importante a considerar al momento del diseño de sistemas de tratamiento ya sea de una población o industria.

1.3.1 Medición de caudales.

Existen distintas maneras de medición de caudales, las cuales se resumen en:

- a) Instalaciones de vertederos o canales para la medición de caudales en canales abiertos o alcantarillados parcialmente llenos.
- b) Métodos de llenado de recipiente, adecuados para caudales pequeños o descargas intermitentes, para lo cual se debe considerar el tiempo en que se demora en llenar el recipiente.

- c) Estimación de los caudales de bombeo y duración de los mismos, el caudal se determina a partir de las características de las bombas.
- d) Cronometrando el desplazamiento de un objeto flotante entre dos puntos fijos de su recorrido. Este método se aplica para alcantarillados parcialmente llenos, junto con lo anterior hay que medir la profundidad de la vena líquida. La velocidad media se estima a partir de la velocidad superficial, que es medida directamente, para flujos laminares la velocidad media es aproximadamente 0.8 veces la velocidad superficial. El caudal se evalúa a partir del conocimiento de esta velocidad media y de la sección humedada de la vena líquida.
- e) Exámen de los registros de uso de agua de la planta teniendo en cuenta las pérdidasde agua en el producto o debidas a la evaporación, este método es suficiente para evaluaciones aproximadas.
- f) Cronometrando los cambios de nivel en tanque, reactores o depósitos que se utilicen en las operaciones con descargas sobre todo discontinuas. (14)

1.3.2 Muestreo de aguas residuales.

El objetivo principal del muestreo de aguas residuales es conocer las características de dichas aguas para lo cual se debe determinar qué tipo de muestras es la más apropiada.

1.3.2.1 Tipos de muestras.

1.3.2.1.1 Muestra simple.

Este tipo de muestras sirve para conocer las características del agua residual en el momento en que la muestra fue tomada y se emplea cuando:

- El caudal es constante.
- El flujo de agua residual es intermitente.

- Cuando las muestras compuestas pueden ocultar condiciones extremas de las aguas residuales como pH y temperatura.

El volumen a considerar para la muestra simple es de 1 a 2 litros.

1.3.2.1.2 Muestra compuesta.

Son aquellas muestras que están formadas por varias muestras simples recolectadas durante ciertos períodos de tiempo, estas deben ser proporcionales al caudal en el momento que fue tomada.

Por ello se utiliza la siguiente fórmula para conocer el volumen requerido de la muestra:

$$V_i = \left(\frac{V}{n \times Q_m} \right) Q_i$$

Ecuación 1

Dónde:

V_i = Volumen de la muestra, L.

Q_t = Caudal instantáneo en el momento en que la muestra fue tomada, L/s.

V_t = Volumen total de la muestra compuesta, L.

Q_m = Caudal medio, L/s.

n = Número de muestras que se van a hacer mezcladas.

La frecuencia del muestreo depende de la variedad del caudal y la carga contaminante, por ejemplo para pequeñas variaciones las muestras se pueden tomar en intervalos entre 2 y 24 horas, pero si existen variaciones grandes puede requerirse tomar muestras cada 15 minutos.

El volumen a considerar para la muestra compuesta es de 2 a 4 litros.

1.3.2.1.3 Muestra integrada.

Es una mezcla de muestras individuales recogidas en diferentes sitios simultáneamente, de la misma manera estas deberán ser proporcionales al caudal para la su posterior integración en el recipiente.

Cuando las variaciones locales en composición son importantes, es necesario analizar las muestras individuales por separado.

Generalmente este tipo de muestras son utilizadas para la caracterización de ríos, y para el cálculo de las cargas contaminantes en las corrientes de agua.

1.3.2.2 Preservación de las muestras.

Según la norma del instituto ecuatoriano de normalización NTE INEN 2 169:98 al momento de manipular y preservar las muestras se debe considerar:

- Seleccionar y preparar los recipientes apropiados para el muestreo, considerando los análisis que se vayan a realizar.
- Las muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, deben llenarse completamente los frascos y taponarlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la variación en el valor del pH, color, etc.).
- En las muestras que se van a utilizar en el análisis microbiológico, los recipientes, no deben llenarse completamente de modo que se deje un espacio de

aire después de colocar la tapa. Esto permitirá mezclar la muestra antes del análisis y evitar una contaminación accidental.

- Los recipientes cuyas muestras se van a congelar como método de conservación, no se deben llenar completamente, por ello las muestras se deben guardar a temperaturas más bajas que la temperatura a la cual se recolectó y en un lugar oscuro, empleando cajas térmicas o refrigeradores desde el lugar del muestreo.
- En el caso de las muestras para análisis microbiológico no se deben congelar.
- Además se pueden añadir ciertos compuestos químicos que ayudan a preservar la muestra ya sean ácidos, soluciones bases, etc.

Estas técnicas de recolección y preservación pueden variar ya que depende también de las especificaciones del laboratorio donde serán entregadas.

1.3.2.3 Identificación de las muestras

Los recipientes que contienen las muestras deben estar etiquetados de forma clara y permanente, para de esta manera evitar confusiones en el laboratorio.

Por consiguiente se debe anotar:

- Lugar del muestreo.
- Fecha y hora del muestreo.
- Nombre de la persona que muestreo.
- Cantidad de preservante usado si es el caso.

Además se debe apuntar las anomalías existentes que se registraron al momento de la recolección de la muestra.

1.3.2.4 Transporte de las muestras

Al momento de transportar la muestras se debe asegurar que estén complementemente sellados los recipientes, también se debe procurar que las muestras estén protegidas de la luz y de ser posible cada muestra debe colocarse en un recipiente individual impermeable.

Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de preservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

1.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

El desarrollo industrial en el mundo entero ha generado aspectos positivos y negativos tanto en lo social como en lo ámbito ecológico, debido a la existencia de muchos inconvenientes que se relacionan directa o indirectamente con las diferentes actividades llevadas a cabo por las industrias, sin embargo el mayor problema registrado es la contaminación, y sus efectos causados sobre el medio ambiente y sus consecuencias en todos los seres vivos. La purificación del agua proveniente de distintos tipos de industrias puede ser simple o compleja, dependiendo de las características y propiedades del agua descargada además del nivel de pureza que se requiera de acuerdo a la normativa de cada sector.

1.4.1 Tipo de tratamientos.

Existen varias tecnologías los cuales depuran de cierto grado la contaminación en dichas aguas, por lo general los procesos aplicables básicos son:

1.4.1.1 Tratamiento físico.

Uno de los pasos más importantes en los procesos de purificación de aguas residuales es la eliminación y separación de partículas e impurezas, la presencia en el agua de partículas sólidas, disueltas o en suspensión es el principal contaminante visible afectando principalmente en su turbiedad y coloración.

Por su parte existen distintos tamaños de partículas algunas de ellas pueden ser observadas a simple vista, pero también existen partículas denominadas coloides, cuyo tamaño es menor a una micra las cuales no son apreciables y son precisamente estas las cuales afectan la turbiedad del agua residual.

Los métodos físicos más comunes para depurar el agua residual son:

- Sedimentación.
- Colado y filtración.
- Homogenización.
- Gasificación.
- Dilución.
- Eliminación de arrastre.
- Destilación.
- Extracción.

1.4.1.2 Tratamiento químico.

Los tratamientos químicos son aquellos procesos en los cuales al separar las impurezas del efluente implica una alteración del material contaminante dentro del agua residual.

El tratamiento químico se suele considerar como un tratamiento intermedio, porque los resultados que se obtienen con él son mejores que los de los tratamientos físicos.

Este tratamiento consiste en agregar uno o más reactivos a las aguas negras para producir un flóculo, que es un compuesto químico insoluble que absorbe la materia coloidal, envolviendo a los sólidos suspendidos no sedimentables y que se deposita rápidamente.

Los procesos más empleados son:

- Oxidación.
- Precipitación química.
- Neutralización.
- Desinfección.
- Intercambio iónico.

1.4.1.3 Tratamiento físico químico.

Mediante aplicación combinada de procesos físicos y químicos se puede lograr una depuración más eficiente, entre las que destacan:

- Coagulación.
- Absorción y adsorción.
- Desactivadores de crecimiento de cristales.
- Aditivos para cambiar la tensión superficial.
- Inhibición de corrosión.

1.4.1.4 Tratamiento biológico

Son los métodos de tratamiento en los que la remoción de los contaminantes se lleva a cabo por la actividad biológica de los microorganismos.

La purificación biológica se utiliza comúnmente para tratar aguas de desecho que contienen materia orgánica disuelta. Las bacterias desdoblan los compuestos complejos en otros más sencillos y estables; los productos finales normales son bióxido de carbono, agua, nitratos y sulfatos. Este cambio se realiza mediante el metabolismo y síntesis celular de los microorganismos presentes. Por lo general, los procesos se llevan a cabo en presencia de un exceso de oxígeno disuelto y la operación se conoce, por ende, como descomposición aeróbica. Existe otro grupo de microorganismos que puede desarrollarse en un ambiente carente de oxígeno disuelto, y en estas condiciones, se tratará de descomposición anaeróbica. Aunque casi todos los tratamientos biológicos actuales son de tipo aeróbico, existen algunos desechos que responden mejor a la descomposición anaeróbica. (1)

Entre los métodos biológicos más conocidos encontramos:

- Los filtros percolador.
- Lodos activados.

1.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE INDUSTRIALES LÁCTEAS.

Existen varias alternativas para minimizar los impactos producidos por las industrias lácteas, en las que se introducen principalmente métodos de depuración de las aguas residuales, para de esta manera bajar la carga contaminante de sus efluentes.

Mediante el uso de los distintos tratamientos ya sean físicos, químicos o biológicos se logrará una mejor depuración del efluente, todo dependiendo de la carga contaminante.

Por ejemplo en el 2008 estudios realizados afirman la ventaja de usar un sistema de tratamiento anóxico calizo a las aguas provenientes de las industrias lácteas, este tratamiento es capaz de reducir hasta en 8% la carga total de aceites y grasas contenidas en las aguas residuales. Para este caso, se recomienda construir otro estanque ya que aún queda carga ácida del agua residual. En caso de conseguir mejores valores, no sería necesario construir una pila de evaporación o sedimentación. (7)

De la misma manera mediante diferentes diseños y construcciones de plantas de tratamientos de aguas han mostrado una gran remoción de sustancias contaminantes ya sean estas, aceites, grasas, sólidos, etc; con procesos como cribados, sedimentadores, floculadores, filtros anaerobios, demostrando así una disminución del 65 al 80 % de los parámetros antes mencionados, siendo estos los procesos más usados para el dimensionamiento de una planta de tratamiento. Incluyendo en este proceso una nueva alternativa para la desinfección del agua mediante el empleo de rayos ultravioleta o la cloración, disminuyendo considerablemente la carga contaminante al lecho final, removiéndose en un 85 a 93% de la contaminación (8)

Uno de los métodos más efectivos al momento de tratar los efluentes de industrias lácteas es sin duda la aplicación de fangos activos disminuyendo considerablemente la carga contaminante del agua residual.

Cabe mencionar que es necesario reconstruir por completo las instalaciones sanitarias de las plantas productoras de lácteos antes de dimensionar y construir las plantas de

tratamiento de aguas residuales, para así poder tener una mejor eficiencia de la planta en sí. (9)

1.5.1 Rejillas.

El sistema de rejillas en las plantas depuradoras de aguas residuales es imprescindible, ya que impiden el paso de sólidos flotantes al sistema de tratamiento, removiendo gran parte de éstos, garantizando que los sistemas de tuberías y bombas no sufran daños.

La separación entre cada una de las rejillas varía, dependiendo si la barra a emplear es fina, mediana o gruesa como se muestra a continuación:

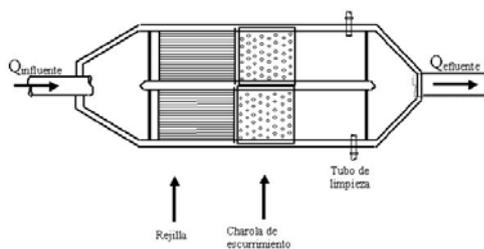
- Finas (< 1,5 cm)
- Medias (1,5 - 5,0 cm)
- Gruesas (> 5,0 cm)

De la misma manera las rejillas pueden ser clasificadas en función de la forma en que se retiran los sólidos retenidos siendo estas de tipo manual o mecánica (automática), la primera de estas son empleadas en plantas pequeñas en comparación con las de limpieza mecánica, que suelen usar cadenas o movimientos oscilatorios para remover los escombros. Si se desea retener partículas más finas se usan mallas hechas de alambre.

1.5.1.1 Rejillas de limpieza manual.

Se empleaban frecuentemente en instalaciones de pequeño tamaño sus dimensiones no son muy grandes debido a que se complicaría la labor de limpieza, poseen en su parte superior una superficie plana con agujeros, la misma que sirve para escurrir el líquido contenido en los escombros que han sido retirados.

Figura 4. Vista planta de un sistema de rejillas de dos cámaras.



Fuente: Allende 2001

Además las rejillas de limpieza manual presentan cierta inclinación de 30-45° mientras que las de limpieza automática pueden colocarse totalmente verticales, o con inclinaciones de hasta 30°.

1.5.1.2 Criterios de diseño.

Se recomienda un espaciamiento entre las barras de la rejilla de 15 a 50 mm para rejillas limpiadas manualmente, y entre 3 y 77 mm para rejillas limpiadas mecánicamente.

Para garantizar un área de acumulación adecuada, la velocidad de aproximación a las rejillas debe estar entre 0.3 y 0.6 m/s para rejillas limpiadas manualmente, entre 0.3 y 0.9 m/s para rejillas limpiadas mecánicamente. Se debe usar un rango de velocidades entre varillas de 0.3 y 0.6 m/s y entre 0.6 y 1.2 m/s para rejillas limpiadas manualmente y mecánicamente respectivamente. (5).

1.5.1.2.1 Dimensionamiento.

Para el dimensionamiento de las rejillas es necesario conocer la velocidad del efluente a tratar antes de ingresar al sistema de tratamiento, para luego hacer una comparación con parámetros de velocidad y abertura de rejas sugeridos en bibliografía.

Mediante estos cálculos se pueden obtener las dimensiones del canal en el cual serán colocadas las rejillas, conociendo estas dimensiones se procede a:

- Cálculo de la velocidad a través de la rejilla.

$$v = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 2

Dónde:

v = Velocidad m/s, en general la velocidad media de 0,6 m/s y máxima de 1,4 m/s.

Q = Caudal, m³/s

A = Area, m²

- Cálculo de la altura.

Asumiendo el ancho del canal se determina la altura del mismo, mediante la siguiente ecuación:

$$A = h \times w$$

Ecuación 3

Dónde:

A = Area, m².

h = Altura, m.

w = Ancho asumido, m.

Además se debe considerar la altura de seguridad para obtener la altura total.

$$H = h + h_s$$

Ecuación 4

Dónde:

H = Altura total, m.

h_s = Altura de seguridad, m.

- Cálculo de la suma de las separaciones entre barras

$$b_g = \left(\frac{b - e}{s + e} + 1 \right) e$$

Ecuación 5

Dónde:

b_g = Suma de las separaciones entre barras, mm

b = Ancho del canal, mm.

e = Separación entre barras, mm

s = Espesor de las barras, mm

- Cálculo del número de barrotes

$$n = \frac{b_g}{e} - 1$$

Ecuación 6

Las pérdidas de carga a través de las rejillas dependen de la frecuencia con la que se limpian y de la cantidad de material basto que llevan las aguas.

Para el cálculo de la pérdida de carga se recomienda usar la siguiente ecuación:

$$h = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \text{sen} \delta$$

Ecuación 7

Dónde:

h = Diferencia de alturas antes y después de las rejas, m

S = Espesor máximo de las barras, m

e = Separación entre las barras, m

$\frac{v^2}{2g}$ = Carga de velocidad antes de la reja, m

δ = Angulo de inclinación de las barras.

β = Factor dependiente de la forma de las barras.

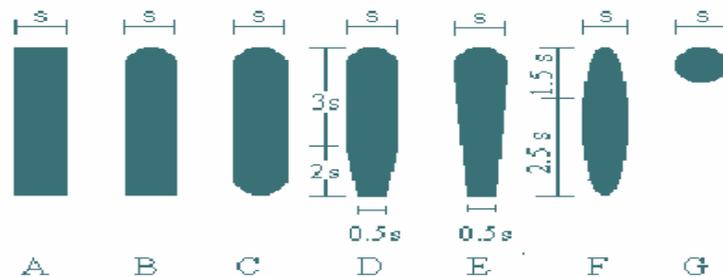
Donde β debe obtenerse de la siguiente tabla, en conjunto con la Figura 5.

Tabla II. Coeficiente de pérdida para rejillas.

Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente. NORMA RAS 2000., Título E., Pp 51.

Figura 5. Diferente forma de rejillas.



Fuente.NORMA RAS 2000, Título E. Pp 51.

Este procedimiento para calcular h_f es válido solo cuando la rejilla está limpia.

En ninguno de los dos casos se permitirá una pérdida de cabeza mayor a 75 cm.

1.5.2 Coagulación- floculación.

Este tipo de tratamiento químico consiste en agregar ciertas sustancias químicas como pueden ser el sulfato de aluminio o alumbre, el sulfato ferroso con cal, el sulfato férrico

y el cloruro férrico con o sin cal, haciendo que las partículas encontradas en las aguas residuales se aglomeren y formen grumos fácilmente sedimentables, la eficiencia de remoción entre el 80-90% en cuanto a sólidos suspendidos, eliminación total de fósforo, 80-90% de bacterias y 70 % en DBO₅. Este proceso es aplicable a aguas residuales con altas concentraciones de contaminantes que podrían inhibir la actividad biológica e interferir con los otros procesos de tratamiento.

De igual manera existen varios tipos de floculadores, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla III. Clasificación de los floculadores.

Según la energía de agitación.	Según el sentido del flujo.	Descripción.	Nombre.
Hidráulicos.	Flujo horizontal.	Con tabiques de ida y regreso.	De tabiques.
	Flujo vertical.	Con tabique arriba y abajo del tanque.	
		Con codos en el fondo que proyectan el agua hacia arriba.	Alabama.
		Con entrada lateral al tanque.	Cox.
Mecánicos.	Rotatorios.	De paletas de eje horizontal y vertical.	De paletas.
		De turbinas horizontales y verticales.	De turbinas.
	Reciprocantes.	Rejas o cintas oscilantes.	Reciprocantes.
Hidromecánicos.	Flujo horizontal.	De turbina Pelton y paletas horizontales.	Hidromecánicos.

Fuente: Jorge Arboleda., Teoría y práctica de la purificación del agua., Pp128.

1.5.2.1 Floculador mecánico.

Este tipo de floculador requiere de una fuerza externa para ejercer movimiento a un agitador en el tanque, donde el agua permanecerá cierto tiempo y la velocidad de agitación es variante.

1.5.2.1.1 Dimensionamiento floculador mecánico.

Para el dimensionamiento de este tipo de tratamientos se siguen algunos criterios como los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. Criterios de diseño de floculadores mecánicos.

Gradiente medio de velocidad (s^{-1})	Tiempo de detención (m)	Velocidad (m/s)
15-75	20-40	0.3-0.75

Fuente: Norma RAS 2000., Libro C., Pp 47-48

- Para el diseño de los agitadores la distancia de los extremos de las paletas a los muros, al piso y a la superficie libre del agua, debe estar entre 0.15 m y 0.30 m.
- Las conexiones de las cámaras en los floculadores son mediante orificios en la pared y vertedero ahogado intercalados
- Como la eficiencia es función del número de cámaras, para los niveles bajo y medio de complejidad no debe diseñarse menos de dos unidades en serie y para los niveles medio alto y altode complejidad mínimo cuatro unidades. (4)

Mediante la aplicación de la carga superficial aplicada en el floculador se determina el área que está dado por la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación 8

Dónde:

A = Área, m²

Q = Caudal a tratar en el floculador, m³/d.

C_s = Carga superficial, m³/m²d.

Tabla V. Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas.

Suspensión	Carga de superficie (m ³ /m ² d)	
	Intervalo	Caudal punta
Flóculo de alúmina	25-50	50
Flóculo y hierro	25-50	50
Flóculo de cal	30-60	60
Agua residual cruda	25-50	50

Fuente: Metcalf & Eddy., Ingeniería de aguas residuales.

Para calcular las dimensiones internas del tanque se considera la relación ancho/ largo entre 1/2- 1/5, y considerando la siguiente ecuación:

$$A = Lg \times b$$

Ecuación 9

Dónde:

Lg = Largo del tanque floculador, m.

b = Ancho del tanque floculador, m.

Aplicando una relación de 1/2 se obtiene la siguiente fórmula:

$$Lg = 2b$$

Ecuación 10

Remplazando Lg en la ecuación 9, se deduce que:

$$A = 2b \times b$$

Ecuación 11

$$A = 2b^2$$

Ecuación 12

$$b = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Ecuación 13

Una vez determinado el ancho del tanque se procede con el cálculo del largo del mismo, mediante la aplicación de la ecuación 10.

Posteriormente se determina el volumen del floculador mediante la fórmula:

$$V = Lg \times b \times H$$

Ecuación 14

Dónde:

V = Volumen del tanque floculador, m³.

b = Ancho del tanque floculador, m.

Lg = Largo del tanque floculador, m.

H = Altura del tanque floculador, m.

Posteriormente obtenemos el tiempo de detención en el floculador mediante la ecuación 15.

$$T_d = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 15

Dónde:

T_d = Tiempo de detención, h.

V = Volumen, m^3

Q = Caudal a tratar, m^3/h

Al tratarse de un floculador mecánico se necesita conocer la potencia de las paletas para lo cual se aplica la siguiente formula:

$$P = G^2 \mu V$$

Ecuación 16

Dónde:

P = Potencia disipada, W.

G = Gradiente medio de velocidad, s^{-1} .

μ = Viscosidad dinámica, Ns/m^2 .

V = Volumen del floculador, m^3 .

Tabla VI. Propiedades del agua a diferentes temperaturas.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA			
Temperatura (°C)	Densidad (kg/m^3)	Viscosidad dinámica ($N \cdot s/m^2$)	Viscosidad cinemática (m^2/s)
0	999,8	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$
5	1000,0	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$
10	999,7	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$

15	999,1	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$
20	998,2	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$
25	997,0	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$
30	995,7	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$

Fuente: Metcalf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 1742.

Mediante la ecuación 16 Se determina el área que necesitan las paletas:

$$A_p = \frac{2P}{C_d \times \delta \times v^3}$$

Ecuación 17

Dónde:

A_p = Área de las paletas, m².

P = Potencia disipada, W.

C_d = Coeficiente de resistencia al avance de las paletas.

δ = Densidad del fluido, kg/m³.

v = Velocidad de las paletas, m/s.

1.5.3 Sedimentador Primario.

La mayoría de las sustancias en suspensión en las aguas residuales no pueden retenerse, debido a su tamaño o densidad, en las rejillas. Por lo cual se emplean sedimentadores primarios que recibe las aguas provenientes de este sistema u otros procesos de pre-tratamiento, y su función primordial es la separación de los sólidos sedimentables y flotantes como también de aceites y grasas, de manera que los sólidos de peso

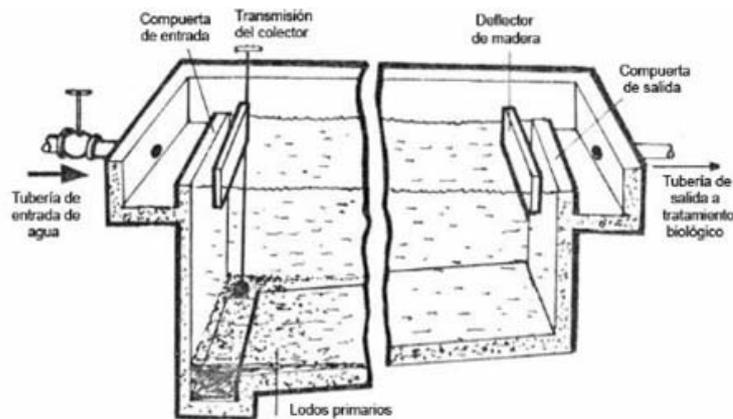
específico superior al del líquido tienden a depositarse. Entre las partículas que en su mayoría son eliminadas en este proceso son la grava, arena, flóculos usados en procesos de floculación química, entre otros.

Existen varios tipos de sedimentadores ya sea de forma circular, rectangular o cuadrada, así como pueden estar equipados por dispositivo mecánicos y con inclinaciones variadas.

1.5.3.1 Dimensionamiento.

El sedimentador de forma rectangular posee la ventaja de permitir una implantación más compacta de los diferentes equipos de tratamiento.

Figura 6. Tanque de sedimentación primaria.



Fuente: Horan, Tratamiento de aguas residuales, 2003

El área superficial del sedimentador se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{Q}{v_c}$$

Ecuación 18

Dónde:

A= Área superficial del tanque Sedimentador, m²

Q = Caudal a tratar, m³/h

v_c = Velocidad terminal, m/h

Los valores sugeridos para la velocidad terminal se muestran en la siguiente tabla:

Tabla VII. Velocidades terminales a caudal medio.

Decantación primaria	Velocidad a caudal medio.		
	Valor mínimo (m/h)	Valor medio (m/h)	Valor máximo (m/h)
Decantadores circulares	1.0	1.5	2.0
Decantadores rectangulares.	0.8	1.3	1.8

Fuente: Aurelio Hernández., Manual de depuración Uralita., Pp 96.

Tabla VIII. Velocidades terminales a caudal máximo.

Decantación primaria	Velocidad a caudal medio.		
	Valor mínimo (m/h)	Valor medio (m/h)	Valor máximo (m/h)
Decantadores circulares	2.0	2.5	3.0
Decantadores rectangulares.	1.8	2.2	2.6

Fuente: Aurelio Hernández., Manual de depuración Uralita., Pp 96.

De la misma manera la relación considero ancho/ largo de 1/3 obteniendo el ancho del tanque de sedimentación:

$$b = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

Ecuación 19

Obtenido este valor se calcula el largo aplicando la siguiente fórmula:

$$Lg = 3b$$

Ecuación 20

Seguidamente se determina el volumen del sedimentador mediante la fórmula:

$$V = Lg \times b \times H$$

Ecuación 21

Dónde:

V = Volumen del tanque sedimentador, m³.

b = Ancho del tanque sedimentador, m.

Lg= Largo del tanque sedimentador, m.

H = Altura del tanque sedimentador en m, según los criterios de diseño de la OPS la profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.

Otro parámetro fundamental es el tiempo de retención hidráulico que es el tiempo que se demora la partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema.

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 22

Dónde:

T_{rh} = Tiempo de retención hidráulico, h.

V= Volumen, m³

Q= Caudal a tratar, m³/h

En caso de no poder obtener el tiempo de retención mediante el cálculo se pueden utilizar los siguientes tiempos de retención:

Tabla IX. Tiempo de retención para sedimentadores.

Decantación primaria	Velocidad a caudal máximo		
	Valor mínimo (h)	Valor medio (h)	Valor máximo (h)
Tiempo de retención para caudal medio.	1.5	2.0	3.0
Tiempo de retención para caudal máximo.	1.0	1.5	2.0

Fuente: Aurelio Hernández., Manual de depuración Uralita., Pp 98.

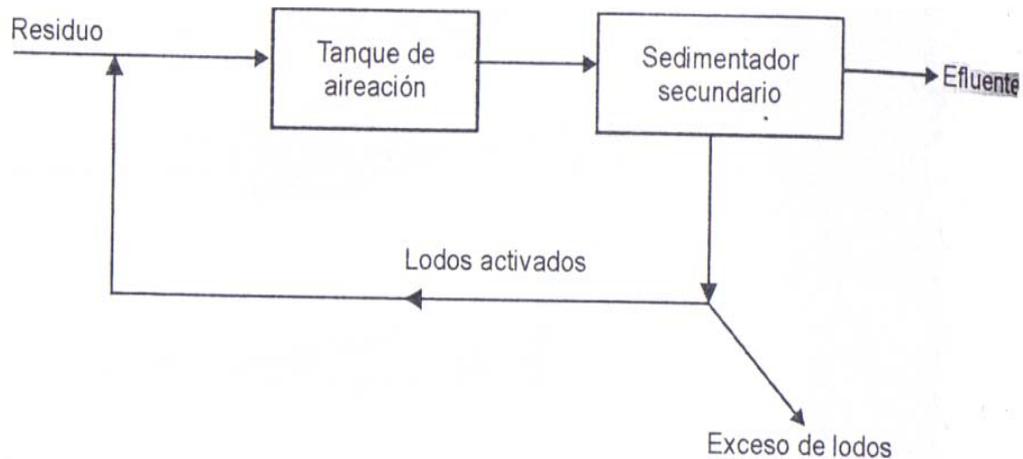
Cuando la decantación primaria se usa como tratamiento único, deben incrementarse las cifras anteriores en un 30 %.

1.5.4 Lodos activados.

Este proceso es usado después de la sedimentación primaria, consiste en la retención del agua durante cierto tiempo, en el cual se hace pasar aire a través del líquido, ya que las aguas residuales contienen algo de sólidos en suspensión y coloidales, de manera que cuando se agitan mediante aireación, estos sólidos forman núcleos sobre los cuales se desarrolla vida biológica pasando gradualmente a formar partículas más grandes de sólidos que se conocen como lodos activados, mediante este procesos se garantiza el desarrollo de una suspensión bacteriana que da origen a la descomposición aeróbica.

El aire suministrado en el tanque se lo puede realizar a través de compresores giratorios o ventiladores centrífugos.

Figura 7. Esquema del proceso convencional de lodos activados.



Fuente.Jaime alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. Pp 432.

1.5.4.1 Consideraciones sobre el diseño del proceso

En el diseño del proceso de fangos activados, es necesario tener en cuenta:

- **Elección del tipo de reactor.**

Los tipos de reactores más comunes empleados en el proceso de lodos activados son el reactor de mezcla completa y el reactor tipo flujo pistón, en los cuales el tiempo de retención son similares, la elección de uno de estos reactores radica en la naturaleza del agua a tratar, el tipo de aeración suministrada, las condiciones locales y costos tanto en mantenimiento como de instalación, siendo el más seleccionado el reactor de mezcla completa; por suministrar una adecuada cantidad de oxígeno, además puede soportar las cargas de choque producidas por vertidos puntuales con elevado contenido de materia orgánica.

El volumen del reactor se define como:

$$V = \frac{\theta_c Y (S_0 - S) Q}{X (1 + K_d \theta_c)}$$

Ecuación 23

Dónde:

V = Volumen del reactor, m³.

θ_c = Tiempo medio de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación, d.

S_0 = Concentración de DBO o DQO en el afluente, Kg/m³.

S = Concentración de DBO en el efluente, Kg/m³.

Q = Caudal del agua residual a tratar, m³/d.

X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, Kg/m³.

K_d = Coeficiente de degradación endógena, d⁻¹.

Tabla X. Valores de coeficientes cinéticos para el proceso de lodos activados.

Coeficientes.	Unidades para SSV.	Rangos.	Típico.
Y	mg SSV/mg DBO ₅	0.4	0.6
K_d	d ⁻¹	0.0025-0.0075	0.06
k	mg /L DBO ₅	25-100	60

Fuente: Jaime Romero Rojas., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño., Página 454.

- **Criterios de carga.**

Son dos los parámetros más considerados en este punto son:

La relación alimento/microorganismos (F/M) se define como:

$$\frac{F}{M} = \frac{S_0}{\theta X}$$

Ecuación 24

Donde.

F/M = Relación alimento/ microorganismos, d^{-1}

S_0 = Concentración de DBO o DQO en el afluente, Kg/m^3 .

X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, Kg/m^3 .

θ = Tiempo de retención hidráulica del tanque de aireación, d. Definida como:

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

Ecuación 25

V = Volumen del tanque de aireación, m^3 .

Q = caudal de entrada, m^3/d .

El tiempo de retención celular se puede definir con cualquiera de estas relaciones:

a) A partir del volumen del tanque de aireación.

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_w X_w + Q_e X_e}$$

Ecuación 26

Donde.

θ_c = Tiempo de retención celular basado en el volumen del tanque de aireación, d.

V = Volumen del tanque de aireación, m^3 .

X = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, Kg/m^3 .

Q_w = Caudal de fango purgado m^3/d .

X_w = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el fango purgado, Kg/m³.

Q_e = Caudal de efluente tratado m³/d.

X_e = Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el efluente tratado, Kg/m³

b) A partir del volumen del volumen total del sistema.

$$\theta_{ct} = \frac{X_t}{Q_w X_w + Q_e X_e}$$

Ecuación 27

Dónde:

θ_{ct} = Tiempo de retención celular basado en el volumen total del sistema, d.

X_t = Masa total de sólidos suspendidos volátiles del sistema, incluyendo de los sólidos del tanque de aireación, del tanque de sedimentación y los existentes en las instalaciones de retorno del fango, Kg.

- **Producción de fango.**

La producción diaria de fango que hay que purgar se define en la siguiente ecuación:

$$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$$

Ecuación 28

Dónde:

P_x = Producción diaria neta de fango activado, medida en términos de SS volátiles, Kg/d.

Y_{obs} = Producción observada, Kg/Kg.

Q, S_0, S = Según definición anterior.

La producción observada se puede calcular por medio:

$$Y_{obs} = \frac{1}{1 + K_d(\theta_c \theta_{ct})}$$

Ecuación 29

- **Necesidad de transferencia de oxígeno.**

La necesidad de oxígeno se puede calcular a partir de la DBO₅ del agua residual y la cantidad de organismos purgados diariamente, empleando la siguiente ecuación:

$$kg \frac{O_2}{d} = \frac{Q(S_0 - S) \times (10^3 g/kg)^{-1}}{f} - 1.42(P_x)$$

Ecuación 30

Dónde:

f = Factor de conversión de DBO₅ en DQO_L (0.45-0.68)

En casos en los que se considera la nitrificación se aplicara la siguiente ecuación:

$$kg \frac{O_2}{d} = \frac{Q(S_0 - S) \times (10^3 g/kg)^{-1}}{f} - 1.42(P_x) + 4.57Q(N_0 - N) \times (10^3 g/kg)^{-1}$$

Ecuación 31

Dónde:

N_0 = NKT del afluente, g/m³.

N = NKT del efluente, g/m³.

4.57 = Factor de conversión para la demanda de oxígeno necesario para la oxidación completa del NKT.

El suministro de aire debe ser adecuado para garantizar una correcta mezcla y mantener cierto grado de oxígeno disuelto suficiente dentro del tanque.

- **Necesidad de nutrientes.**

Es necesario cierto porcentaje de diferentes nutrientes como; fósforo, nitrógeno, para garantizar un correcto funcionamiento de los sistemas de tratamiento biológico.

- **Control de organismos filamentosos.**

El problema más notable que registran las plantas de tratamiento de lodos activados es la aparición del denominado bulking o fango filamentosos, el cual se caracteriza por formar un fango pobre de características debido a la falta de nutrientes, promoviendo el crecimiento de organismos filamentosos afectan el proceso de depuración del agua.

- **Características del efluente.**

Como ya se ha mencionado es necesaria cierta cantidad de elementos contenidos en la materia orgánica, en lo que se incluyen potasio, calcio, sodio, manganeso, cloruros, hierro, etc.

1.5.4.2 Tipos de procesos y modificaciones.

Existen distintos tipos de procesos en cuanto a la aplicación de lodos activados todo ello debido a su flexibilidad que estos presentan.

- **Control del proceso.**

Los principales factores que influyen en el control de procesos son:

- **Control de oxígeno disuelto.**

Para oxidar la materia orgánica en teoría el oxígeno suministrado debe ser igual a la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesiten para llevar dicha función, razón por la cual si se limita este elemento se promoverá a la formación de bulking,

generalmente el valor de oxígeno disuelto en el tanque de aireación es de 2mg/L variante entre el rango de 1.5 y 4 mg/L.

o **Control de recirculación de fango activado.**

El propósito de la de la recirculación del fango es mantener una concentración de lodo activado en el tanque de aireación que cumpla con las características necesarias para llevar a cabo una correcta depuración de efluente. El caudal de recirculación se define en la siguiente ecuación suponiendo que el nivel de fango se mantiene constante y la cantidad de sólidos en el efluente es despreciable en el decantador secundario.

$$Q_r = \frac{XQ - X_r Q_w}{X_r - X}$$

Ecuación 32

Dónde:

X = Sólidos suspendidos del líquido mezcla, Kg/m³.

Q = Caudal de entrada en el decantador secundario, m³/d.

Q_r = Caudal de recirculación, m³/d.

X_r = Sólidos suspendidos del fango activado de recirculación, Kg/m³

El contenido de sólidos es despreciable en comparación con el contenido en sólidos del líquido mezcla por tanto el balance de masas en el tanque de aireación adquiere la siguiente expresión:

$$Q_r = Q \frac{X}{X_r - X}$$

Ecuación 33

El método de recirculación depende de las características de sedimentación del fango.

Tabla XI. Datos de sedimentación de SSLM.

SSLM	1600	2500	2600	4000	5000	8000
Velocidad de sedimentación inicial	3.3	2.4	1.5	0.6	0.3	0.009

Fuente: Metcalf& Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 654.

- **Purga de fangos.**

Para mantener una relación alimento/ microorganismos se debe purgar el exceso de fango dirigiéndolo a la zona de espesamiento y secado antes de su eliminación final.

Si la purga se la realiza directamente del reactor, el caudal se determina de la siguiente manera:

$$Q'_w = \frac{V}{\theta_c}$$

Ecuación 34

En cambio si la purga es llevada a cabo en el reciclo, el caudal a extraerse es mediante la siguiente expresión:

$$Q'_w = \frac{VX}{X_r \theta_c}$$

Ecuación 35

A continuación se muestra la tabla de los distintos criterios de diseño para varios procesos de lodos activados con sus respectivos valores.

Tabla XII. Parámetro de diseño para el proceso de lodos activados.

Modificación del proceso	θ_c , d	F/M	Carga Volumétrica	SSLM, mg/L	V/Q,h	Qr/Q
		Kg DBO ₅ aplicada/KgSSVLMd	KgDBO ₅ aplicada/m ³ d			
Convencional.	5-15	0.2-0.4	0.32-0.64	1500-3000	4-8	0.25-0.75
Mezcla completa.	5-15	0.2-0.4	0.80-1.92	2500-4000	3-5	0.25-1.0
Alimentación escalonada	5-15	0.2-0.4	0.64-0.96	2000-3500	3-5	0.25-0.75
Aireación modificada.	0.2-0.5	1.5-5.0	1.20-2.40	200-1000	1.5-3	0.05-0.25
Contacto y estabilización.	5-15	0.2-0.6	0.96-1.20	(1000-3000) ^a	(0.5-1.0) ^a	0.5-1.50
				(4000-10000) ^b	(3-6) ^b	
Aireación Prolongada	20-30	0.005-0.15	0.16-0.40	3000-6000	18-36	0.5-1.50
Aireación de alta carga.	5-10	0.4-1.5	1.60-1.60	4000-10000	2-4	1.0-5.0

Fuente: Metcalf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 626.

^a unidad de contacto.

^b unidad de estabilización de lodos.

1.5.4.3 Selección y diseño de las instalaciones físicas para el proceso de lodos activados.

- **Aireación con difusores.**

Actualmente se clasifica a los difusores en función de las características del equipo dividiéndolas en tres tipos:

1. Difusores porosos o de poros finos.
2. Difusores no porosos.
3. Otros tipos de difusores como; difusores de chorro, aireación por aspiración o aireadores en tubo en U.

La eficiencia de estos equipos depende de varios factores como las características del agua residual, dimensión, geometría de los difusores y el tanque, profundidad y caudal a tratar.

- **Soplantes.**

En las plantas de tratamiento de aguas residuales, los soplantes deben suministrar caudales de aire variables dentro de un intervalo de presiones muy limitado, bajo condiciones ambientales diversas. Normalmente, un soplante sólo es eficaz para un conjunto de condiciones operativas determinado. La necesidad de adaptar los caudales y presiones de aire a demandas variables de una planta de tratamiento, el sistema de soplantes debe incorporar algún sistema de regulación o de variación del caudal. (2)

La potencia necesaria para llevar a cabo el proceso de compresión adiabática se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$P_w = \frac{wRT_1}{29.7ne} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

Ecuación 36

Dónde:

P_w = Potencia necesaria para cada soplante, kW.

w = Caudal de aire en peso, kg/s.

R = Constante universal de los gases = 8.314kJ/kmo. °K.

T_1 = Temperatura absoluta a la entrada, °K.

p_2 = Presión absoluta a la entrada, atm.

p_1 = Presión absoluta a la salida, atm.

$n = (k-1)/k = 0,283$ (para el aire)

$K = 1.395$ (para el aire)

e = Eficiencia (en compresores normalmente entre 0,70 y 0,90)

- **Aireadores mecánicos.**

Se clasifican en dos grupos; aireadores de eje vertical y horizontal, además también pueden ser superficiales o sumergidos, en estos casos el oxígeno se obtiene de la atmósfera.

Tabla XIII. Características de funcionamiento del proceso de fangos activados.

Modificación del proceso.	Sistema de aireación.	Eficiencia de remoción. %	Obervación.
Convencional.	Difusores de	85-95	Utilizado para aguas residuales

	aire, aireadores mecánicos.		de baja concentración.
Reactor mezcla completa.	Difusores de aire, aireadores mecánicos.	85-95	El proceso es resistente frente a cargas de choque.
Aireación prolongada.	Difusores de aire, aireadores mecánicos.	75-95	Utilizadas en pequeñas poblaciones, el proceso es flexible.

Fuente: Metcalf & Eddy., Ingeniería de Aguas Residuales., Pp 624.

1.5.5 Sedimentador secundario.

Este componente es colocado después del tanque de aireación y tiene como función separar el licor mezclado del lodo activado, mediante la acción de la gravedad, devolviendo este lodo al proceso anterior a fin de mantener una concentración elevado de microorganismos, de la misma manera si existe una concentración elevado de lodos estos son drenados o purgados, para su posterior secado y disposición final.

Igual que los sedimentadores primarios existen varios tipos de sedimentadores o decantadores secundarios, los tipos de tanques de sedimentación secundaria más empleados en el tratamiento de agua residual son los tanques circulares y rectangulares. También existen tanques cuadrados, pero no son tan eficaces en la retención de sólidos, y por esta razón no son tan comunes.

En los tanques rectangulares se recomienda que la longitud total del tanque no exceda de 10 a 15 veces su profundidad, en cambio los tanque circulares tienen diámetros de entre 10-40 m, teniendo en cuenta que el radio no debería exceder en 5 veces la profundidad del agua en la periferia del tanque.

1.5.5.1 Dimensionamiento.

Considerando la carga superficial se determina el área mediante la siguiente expresión:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Ecuación 37

Dónde:

A = Área, m^2

Q = Caudal a tratar en el sedimentador secundario, m^3/h .

C_s = Carga superficial, $m^3/m*d$, cuyos valores suelen estar entre 25-50 $m^3/m*d$, siendo el 32 $m^3/m*d$ valor típico empleado.

Mediante la ecuación del área se deduce el diámetro del sedimentador.

$$D = \left(\frac{4A}{\pi} \right)^{1/2}$$

Ecuación 38

Dónde:

D = Diámetro, m.

A = Área, m^2

Considerando que el 25% del diámetro es el reparto central, obtenemos la siguiente expresión:

$$D_r = D \times 0.25$$

Ecuación 39

Considerando valores entre 1/3 y 1/5 de la profundidad máxima del decantador, se obtiene la altura de reparto, considerando un valor medio se deduce la altura final de reparto a través de la siguiente ecuación:

$$h_r = \frac{1}{4} \times H$$

Ecuación 40

Dónde:

H = Profundidad, m.

La determinación de la carga sobre el vertedero de salida se lo realiza mediante la siguiente ecuación:

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi \times D}$$

Ecuación 41

Dónde:

$C_{\text{vertedero}}$ = Carga sobre el vertedero, m³/d*m

Q = Caudal, m³/s

El valor de inclinación de fondo del sedimentador secundario considerado generalmente es de 15°.

1.5.6 Tratamiento de lodos.

1.5.6.1 Digestión anaerobia de lodos.

La digestión anaerobia se emplea principalmente para estabilizar lodos primarios y secundarios, además se pueden construir digestores de una o de varias etapas efectuándose la primera dentro de un solo tanque.

Para obtener una destrucción de sólidos volátiles debe haber un tiempo de retención suficiente para garantizar esta eliminación, el tiempo de retención en el digestor se define por la siguiente ecuación:

$$\theta_c = \frac{\text{Kg de sólidos en el digestor}}{\text{Kg de sólidos removidos/d}}$$

Ecuación 42

El tiempo de retención hidráulico del digestor se define:

$$\theta = \frac{\text{Volumen útil}}{\text{Caudal de lodo aplicado o removido}}$$

Ecuación 43

1.5.6.1.1 Dimensionamiento.

El parámetro de diseño ha sido θ_c , con valores típicos entre 30 y 60 días para digestores de tasa baja y de 10 a 20 días para digestores de tasa alta. En digestores de tasa baja para lodos crudos, θ_c puede ser hasta de 90 d. Las cargas de sólidos volátiles de diseño oscilan entre 0,5 y 1,6 kg SV/m³d en digestores de tasa baja y entre 1,6 y 4,8 kg SV/m d en digestores de tasa alta, aunque con un límite superior de 0,4 kg SV/ m³ d para prevenir problemas de mezcla y de acumulación de sustancias tóxicas como el amoníaco. Sin embargo, una carga de sólidos baja no es deseable porque limita la producción de gas y hace costosa la operación del digestor si el gas no alcanza a producir la energía para mantener constante la temperatura del digestor. (3)

La cantidad de metano se calcula por la siguiente ecuación:

$$V_{CH_4} = 0.35[Q(S_0 - S)10^{-3} - 1.42P_x]$$

Ecuación 44

Dónde:

V_{CH_4} = Volumen de metano producido en condiciones normales, 0°C, 1 atm, m³/d.

0.35= cantidad teórica de metano producida en la conversión completa de un kilogramo de DBOU a metano y dióxido de carbono, m³ CH₄/ kg DBOU

Q = Caudal, m³/d.

S_0 = DBOU del afluente, mg/L.

S = DBOU del efluente, mg/L.

P_x = Masa del tejido producido por día, Kg/d.

La reducción típica de sólidos volátiles en un digestor anaerobio de lodos mezclados oscila entre 45-60%.

La masa del tejido producido por día se calcula por la siguiente ecuación:

$$P_x = \frac{Y(S_0 - S)Q}{1 + k_d\theta_c}$$

Ecuación 45

Dónde:

P_x =Masa del tejido producido, KgSV/d.

Y = Coeficiente de producción, Kg/Kg.

k_d = Constante de respiración endógena, d⁻¹.

θ_c = Edad de lodos, d.

El caudal diario de lodo se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_L = \frac{\text{Remoción de ST} \times Q}{\delta \times H}$$

Ecuación 46

Dónde:

Q = Caudal, m³/d.

δ = Densidad del lodo.

H = Humedad del lodo.

Mediante la ecuación 46 se logra determinar el volumen del digestor

$$V = Q_L \times \theta_c$$

Ecuación 47

Dónde:

θ_c = Edad del lodo, días.

Cálculo de carga de DBOU (CO)

$$CO = \text{Remoción de DBO} \times Q$$

Ecuación 48

Q = Caudal, m³/d.

La Carga volumétrica del digestor (COV) se calcula a través de:

$$COV = \frac{CO}{V}$$

Ecuación 49

Donde

COV = Carga volumétrica del digestor, KgDBO/m³d

CO = Carga de DBOU, KgDBO/d.

V = Volumen del digestor, m³.

Porcentaje de estabilización.

$$E = \frac{e \times CO - (1.42)(P_x)}{CO} \times 100$$

Ecuación 50

Dónde:

e = eficiencia asumida del reactor.

P_x = Masa del tejido producido, KgSV/d.

CO = Carga de DBOU, KgDBO/d.

Tabla XIV. Edad de lodos para diseño de digestores anaerobios de mezcla completa.

Temperatura de operación, °C	θ_c mínimo, d	θ_c diseño, d
18	11	28
24	8	20
30	6	14
35	4	10
40	4	10

Fuente: Jaime Romero Rojas., Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño., Pp 796.

Tabla XV. Coeficientes cinéticos para la digestión anaerobia.

Sustrato	Coefficiente	Base	Intervalo	Típico
Lodo doméstico	Y	gSSV/gDBO	0.04-0.10	0.06
	k_d	d ⁻¹	0.02-0.04	0.03
Ácido graso	Y	gSSV/gDBO	0.04-0.07	0.05
	k_d	d ⁻¹	0.03-0.05	0.04
Carbohidrato	Y	gSSV/gDBO	0.02-0.04	0.024
	k_d	d ⁻¹	0.025-0.035	0.03

Proteína	Y	gSSV/gDBO	0.05-0.09	0.075
	k_d	d^{-1}	0.01-0.02	0.014

Fuente: Jaime alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño. Página 797.

Los digestores anaerobios son generalmente tanques cilíndricos o rectangulares. Los tanques cilíndricos tienen una relación profundidad/diámetro de 0,3 a 0,7 para facilitar la mezcla, fondo cónico con pendientes 1/6 a 1/4 y bocas de extracción de lodos por el centro del cono y uno o más puntos intermedios entre el fondo del digestor y el nivel máximo del agua en el digestor. Se recomienda, además, dejar un espacio libre adicional de 0,9 a 1,5 m de longitud para acumulación de espuma y como borde libre.

(3)

1.5.6.2 Secado de lodos.

1.5.6.2.1 Era de secado.

Las eras de secado son el método más empleado mundialmente, se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos.

Una vez seco, el lodo se retira y se evacua a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos. Las principales ventajas de las eras de secado son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final.

1.5.6.2.1.1 Dimensionamiento.

Para el diseño de los lechos de secado se consideran las siguientes ecuaciones:

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{Población} \right)$$

Ecuación 51

Dónde:

Q = Caudal, m³/d.

SS = Sólidos en suspensión

El Cálculo de sólidos suspendidos que salen.

$$C = \frac{P * Cant \left(\frac{gSS}{d*hab} \right)}{1000g}$$

Ecuación 52

Dónde:

P = Población.

$Cant$ = Contribución per capital.

Masa de sólidos suspendidos.

$$M_{sd} = (0.5 * 0.5 * 0.7 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

Ecuación 53

Volumen diario de lodos digeridos.

$$V_{Ld} = \frac{M_{sd}}{\delta_{Lodo} (\% sol/100)}$$

Ecuación 54

Dónde:

M_{sd} = Masa de sólidos suspendidos.

δ_{Lodo} = Densidad del lodo, 1,04Kg/L.

% Sólidos: contenidos en el lodo = 12%

Volumen de lodos a extraerse.

$$V_{el} = \frac{V_{Ld} * T_{rh}}{1000}$$

Ecuación 55

Dónde:

V_{Ld} = Volumen diario de lodos digeridos.

T_{rh} = Tiempo de retención

Área de lecho de secado.

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_A}$$

Ecuación 56

Dónde:

H_A = Altura del lodo.

Número de eras.

$$Numero_{eras} = \text{valorasumido}$$

$$L = \frac{A_{ls}}{B}$$

Ecuación 57

Dónde:

B = ancho.

L = Largo.

1.5.7 Desinfección.

Las aguas residuales ya sean estas urbanas o industriales contienen organismos patógenos, razón por la cual se emplean distintos métodos de desinfección, entre el que se destaca la desinfección por contacto con cloro, ya que es el método más utilizado, efectivo y de menor costo, garantizando una mejor depuración del efluente.

1.5.7.1 Dimensionamiento.

Al momento de aplicar este tratamiento de debe considerar la dosis necesaria, tomando en cuenta el siguiente criterio:

Tabla XVI. Criterios para el almacenamiento de productos desinfectantes.

Producto.	Tiempo de almacenamiento. (meses)	Dosis (mg/L)		Concentración de la solución (mg/L)
		Mínima	Máxima	
Cloro en cilindros a presión.	3-6	1	3	3500
Hipoclorito de calcio.	3-6	1.4	4.3	10000-50000
Hipoclorito de sodio.	<1 mes	1.7	23.1	10000-50000

Fuente:Rodríguez Araya., Criterios de diseño para estaciones de cloración. Pp 235.

El peso requerido de desinfectante se considera en la siguiente ecuación:

$$P = Q \times D$$

Ecuación 58

Dónde:

P = Peso requerido de desinfectante, mg/s o Kg/d

Q = Caudal, L/s

D =Dosis promedio del desinfectante, mg/L

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

Ecuación 59

Dónde:

D =Dosis promedio del desinfectante, mg/L

D_M = Dosis máxima, mg/L.

D_m = Dosis mínima, mg/L.

El diseño del tanque donde se mezclara el cloro está determinado por la siguiente expresión:

$$V = Q \times Tr$$

Ecuación 60

Dónde:

V = Volumen del tanque, m³.

Q = Caudal, m³/s

Tr = Tiempo de retención, s (1.5 minutos).

Altura del tanque.

$$A_t = \frac{V}{L \times A}$$

Ecuación 61

Dónde:

A_t = Altura del tanque, m.

V = Volumen del tanque, m³.

A= Ancho del tanque, m.

L= Largo del taque, m.

1.6 NORMATIVA AMBIENTAL.

Para el cálculo y diseño de la planta de tratamiento se consideran varias normas técnicas:

- Norma de Diseño para Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Disposición de Excretas y Residuos Líquidos en el Área Rural, publicadas en 1995, Décima Parte (X) Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Proyecto de Código Ecuatoriano para el diseño de la Construcción de Obras Sanitarias Co 10.07 – 601 Abastecimiento de Agua Potable y Eliminación de Aguas Residuales en el Área Rural (SSA).
- Normas recomendadas por la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria TULAS, libro VI, Tabla 11, Anexo 1.(6)

Tabla XVII. Descargas al sistema de alcantarillado.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	100
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Acidos 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 máximo 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
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	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 Kjeldahl	N	mg/L	40
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,01
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	1600
Selenio	Se	mg/L	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/L	400
Sulfuros	S	mg/L	1,0
Temperatura	°C		<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
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/L	0,1
Vanadio	V	mg/L	5,0
Zinc	Zn	mg/L	10

Fuente: TULAS., Libro VI., Pp 326-328

- Ordenanza para la prevención y control de la contaminación ambiental ocasionada por las actividades agroindustriales, artesanales, domésticos y de servicio en el cantón Ambato.

CAPÍTULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.

2.1.1 Localización de la investigación.

El presente estudio se realizó en la industria de Productos Lácteos Pillaro, cuyo propietario es el seños Javier Avalos, esta industria láctea inició sus actividades en el año 2003, se encuentra localizada en la calle Rocafuerte, a cinco minutos del centro del cantón Pillaro en la provincia de Tungurahua.

Figura 8. Localización del área de estudio.



Fuente: Ministerio del Ambiente.

Productos lácteos Pillaro cuenta con una superficie amplia la cual se encuentra distribuida en; planta de producción, taller, comedor, oficinas, bodega, servicios higiénicos, y área libre.

Figura 9. Instalaciones de Productos Lácteos Pillaro.



Fuente: Productos Lácteos Pillaro.

Figura 10. Área libre Productos Lácteos Pillaro.



Fuente: Productos Lácteos Pillaro.

Esta industria láctea elabora distintos productos derivados de la leche los cuales son comercializados en el sector de la Costa, bajo distintos nombres como:

- a) Leche pasteurizada.
 - Pillaro.
 - Sta Martha.

- Gota blanca.

Figura 11. Marcas de comercialización del producto.



Fuente: Productos Lácteos Pillaro.

b) Quesos:

- Pillaro.
- California.

c) Yogur y naranjadas.

- Pillaro.

En la actualidad Productos Lácteos Pillaro cuenta con 11 empleados en la plata de producción, 2 personas en el área de administrativa y una persona en el área de cocina.

2.1.2 Evaluación de impactos ambientales.

El presente análisis consistió en identificar y valorar los distintos efectos ambientales provocados por las acciones en Productos lácteos Pillaro, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

2.1.2.1 Identificación De Impactos Potenciales

Los impactos ambientales se los identificó basándose en la información recolectada durante las visitas de campo, como también la información proporcionada por el personal de la industria, para posteriormente elaborar la matriz Causa – Efecto, la misma que considera las actividades generadoras de potenciales impactos ambientales y de los factores ambientales afectados directamente.

2.1.2.2 Evaluación de impactos.

Se tomó como base para la cuantificación de los impactos a la matriz diseñada por Leopold en 1971, la cual se compone de 100 posibles acciones y 88 características ambientales generando un total de 8800 celdas, con la posibilidad de variar cada una de ellas de acuerdo a las actividades de cada industria, empresa, etc, como se muestra en la tabla XVIII.

Mediante la aplicación de esta matriz se valoró los distintos impactos ambientales ya sean positivos a negativos identificados anteriormente, en la cual se integran en las columnas todas las acciones de la industria y en las filas los diferentes componentes, constituyendo una evaluación de importancia y magnitud en cada bloque,

Por tanto se determina que las acciones más impactantes en el medio circundante de la industria son el aumento de consumo de agua y por ende la generación de mayor cantidad de efluentes, en comparación con las demás actividades y consecuencia de cada una de ellas sobre el ambiente

Tabla XVIII. Matriz de Leopold.

2.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

Para llevar a cabo el presente proyecto se detalla a continuación los materiales y métodos empleados.

2.2.1 Materiales para la medición de caudales.

- Balde graduado de 12 litros.
- Cronómetro.
- Libreta de apuntes.

2.2.2 Materiales de muestreo.

- Envase de plástico, 2L y 3.78L
- Envase de vidrio ámbar, 1L.
- Envase de plástico estéril de 150mL.
- Probetas de 50, 100 y 250mL.
- Termómetro.
- Tiras de pH.
- Guantes.
- Mascarilla.
- Libreta de apuntes.
- Calculadora.
- Coolers.

2.2.3 Materiales de topografía.

- Cámara Fotográfica
- GPS
- Flexómetro

- Nivel de burbuja
- Piola.
- Libreta de apuntes.

2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 Reconocimiento de la planta.

El reconocimiento de las instalaciones de Productos Lácteos Pillaro estuvo a cargo del jefe de personal el Técnico Omar Rojas, el cual proporcionó detalles de cada uno de los procesos; recepción de la leche y análisis previos al ingreso a la línea de producción, técnicas de producción de leche, queso, yogurt y naranjadas, como también los métodos de limpieza que emplea dicha industria.

2.3.2 Determinación del consumo de agua.

Para obtener el consumo de agua se consideró por separado cada uno de los procesos como son: producción de leche, quesos, yogurt y naranjada, para lo cual se realizaron balances de masas en cada una de dichas áreas.

En cada una de estas áreas se tomaran en cuenta varios factores como:

- Capacidad de los pasteurizadores, recipientes, etc.
- Técnicas de limpieza y esterilización propias de la industria.

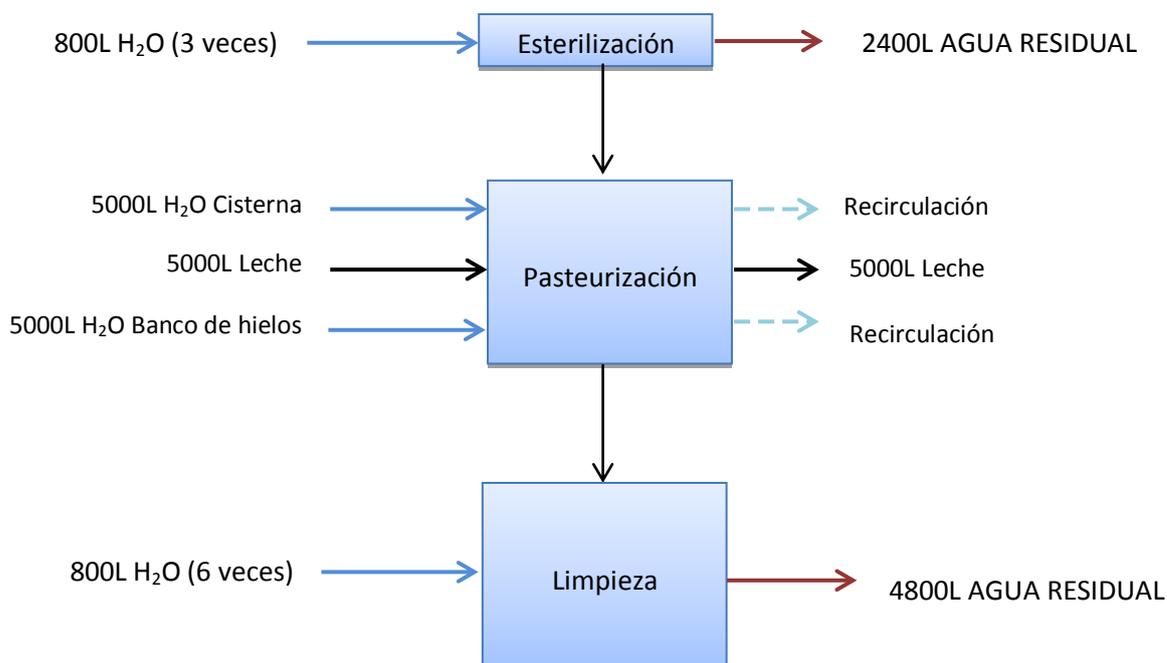
2.3.2.1 Balance de masa del área de leche pasteurizada.

Para el balance de masa en el área de producción de leche se consideró la capacidad del pasteurizador que es de 5000 L/H.

Como se puede observar en la siguiente figura el agua requerida en el proceso de esterilización es de 800 litros por un lapso de media hora repitiendo este proceso tres

veces. Considerando la capacidad del pasteurizador en la zona de producción de leche el agua utilizada es de 10000 litros, recirculándola a las distintas cisternas disponibles en la industria. El proceso de mayor consumo de agua es de limpieza consumiendo 800 litros de agua empleando sosa y ácido para una mejor asepsia del equipo.

Figura 12. Balance de masa (Leche)



Fuente: Daniela Llanos.

Realizado el balance de masa en el área de producción de leche se obtiene una relación de 1/1.44 es decir que para elaborar un litro de leche pasteurizada se consume 1.44 litros de agua.

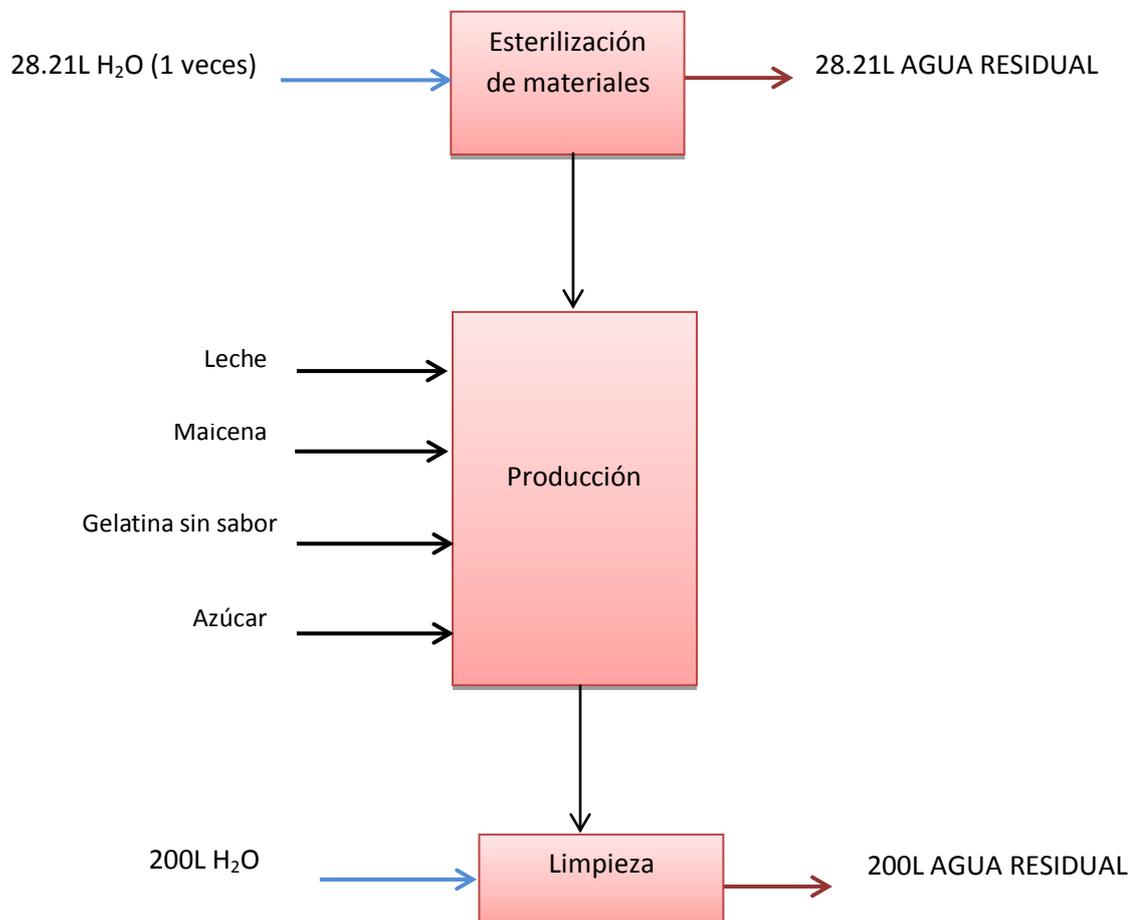
2.3.2.2 Balance de masa del área de yogurt.

En el área de yogurt consideraron los procesos en los cuales existe consumo de agua, como son en la esterilización y limpieza, para ello se midió las dimensiones del tanque

usado en el proceso de esterilización y la cantidad de agua que es introducida en dichos tanques

En el proceso de limpieza se tomó en cuenta las técnicas empleadas por el personal dentro de esta área.

Figura 13. Balance de masa (Yogurt)



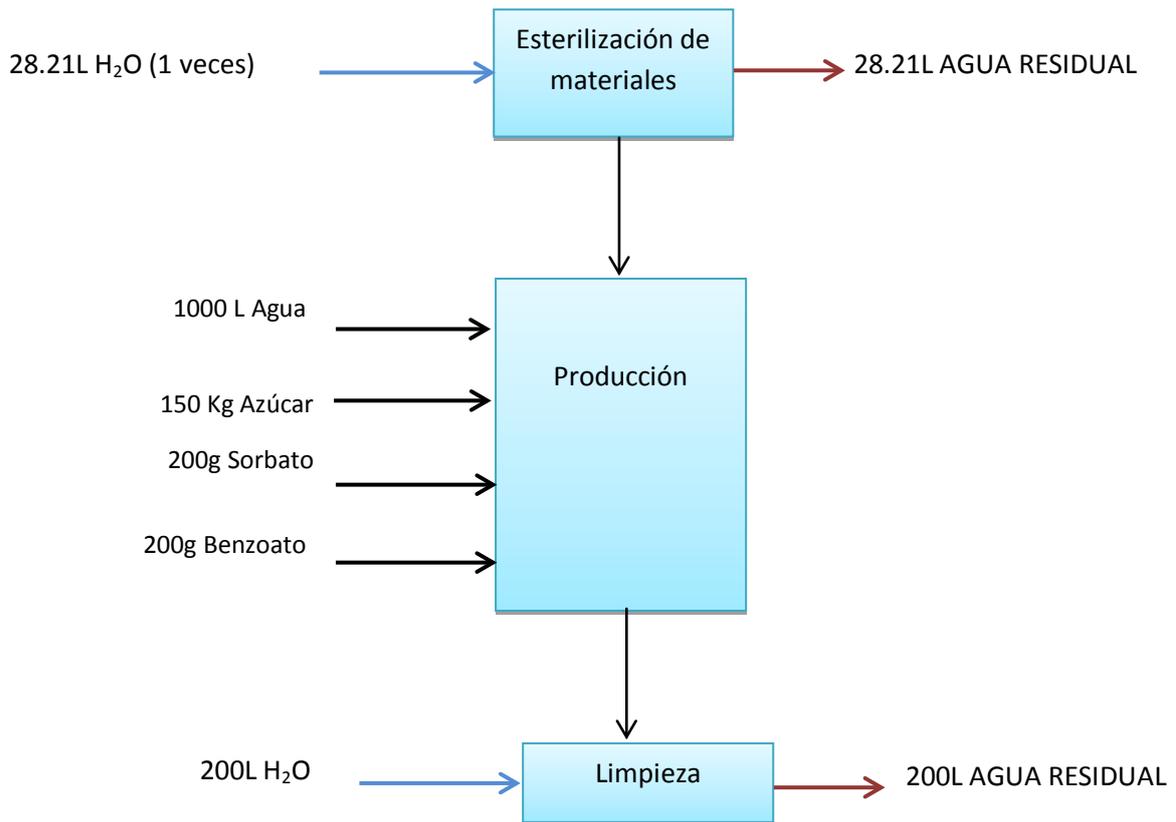
Fuente: Daniela Llanos.

Obteniendo una relación de consumo de agua en cuanto a la producción de yogurt de 1/0.278L

2.3.2.3 Balance de masa del área de naranjada.

Los parámetros considerando en la elaboración de naranjadas fueron los mismos que el proceso de yogurt, por la similitud de las técnicas empleadas en la preparación de este producto como los materiales empleados.

Figura 14. Balance de masa (Naranjada)



Fuente: Daniela Llanos.

Por ello para la elaboración naranjadas de consume 0.1988 litros de agua para elaborar 1 litro de este producto.

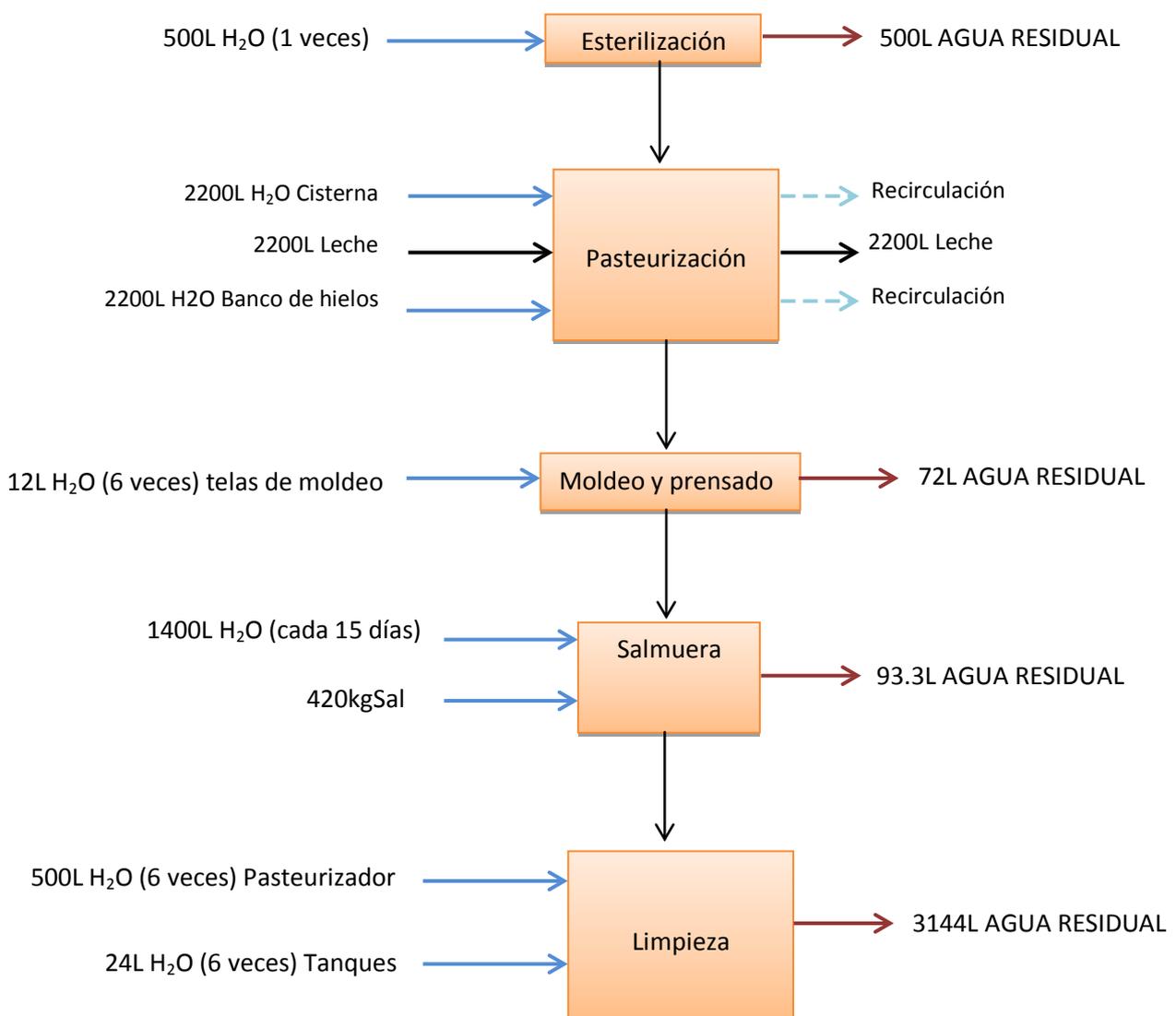
2.3.2.4 Balance de masa del área de quesos.

En el balance de masa en el área de quesos se consideró el agua empleada durante los procesos de esterilización, limpieza, además se midieron la altura del agua en las

diferentes piletas usadas en el proceso de salado, como también las veces que se lavaron las telas empleadas en la etapa de moldeo.

Finalmente tras este análisis se obtiene una relación de 1/1.65L para elaborar este producto.

Figura 15. Balance de masa (Quesos)



Fuente: Daniela Llanos.

2.3.3 Medición de caudal.

Debido a las diferentes actividades llevadas a cabo en Productos Lácteos Pillaro y por ende a las variaciones constantes de descargar, para la determinación del caudal se empleó el método de aforo.

El sitio en el cual se llevó a cabo la medición es en la caja de revisión la cual une la tubería del proceso de elaboración de quesos con el canal de desfogue de los demás procesos de producción.

Mediante un balde graduado de 12 litros, un cronómetro y mediante la aplicación de la siguiente fórmula se determinó el caudal del agua residual:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 45

Dónde:

Q = Caudal, L/s.

V = Volumen del recipiente, L.

t = Tiempo de llenado, s.

Las mediciones se realizaron por 7 días considerando la hora de entrada del personal a las instalaciones de la industria hasta una hora después de terminar el proceso de producción por un período de 9 horas, iniciando de este modo a las 8:00 y concluyendo a las 17:00 horas.

Se consideró un lapso de 10 minutos para las mediciones diarias al final del proceso debido a las variaciones de descarga.

2.3.4 Muestreo.

Las muestras fueron recogidas en el mismo sitio donde se realizaron las mediciones de caudal, para ello se tomaron muestras compuestas cada día, por dos días desde las 8:00 hasta las 15:00 horas por cada hora, las mismas que fueron depositadas en envases de plástico y vidrio debidamente etiquetadas con la fecha, lugar, hora, nombre del muestreador y tipo de muestra, y rápidamente fueron llevadas a los laboratorios en coolers con hielo para la preservación de las mismas.

Para la determinación de las alícuotas que fueron colocados en los envases se empleó la ecuación correspondiente, y mediante probetas graduadas fueron puestas cuidadosamente en cada uno de los recipientes.

El laboratorio en los cual se dejó las muestras para sus análisis fue el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica (CESTTA), para lo cual se tomaron en cuenta las recomendaciones de dicho laboratorio, entregando así en frascos de plástico de 3.78 litros de capacidad (1 galón) para análisis físico-químicos, biológicos, además se empleó un vaso de 150 mL estéril para el muestreo microbiológico.

Durante el muestreo se midieron parámetros como pH y temperatura in situ, el primer se midió mediante la ayuda de tiras indicadoras de pH y mediante un termómetro se midió la temperatura.

2.3.5 Caracterización del agua residual.

Las caracterizaciones del agua residual de Productos Lácteos Pillaro se basan en los métodos empleados en el laboratorio en el cual fueron dejadas las distintas muestras, las cuales detallan a continuación:

Tabla XIX. Métodos usados por LAB-CESTTA para el análisis físico- químico y microbiológico de aguas residuales.

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B
Potencial de Hidrogeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺
DBO5	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B
DQO	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D
*Coliformes totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 25 10 B
*Sólidos Volátiles	APHA2540G
*Nitrato	PEE/LABCESTTA/16 APHA4500-NO ₃ -A
Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F
Sólidos Disueltos Totales	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C
Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500-Cr
*Alcalinidad	PEE/LABCESTTA/41 APHA 2320
*Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 APHA 4500-P B5/ APHA 4500-PC
*Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1

Fuente: LAB-CESTTA

2.3.6 Método topográfico.

Para determinar la planimetría y altimetría del lugar donde es posible la instalación de la planta de tratamiento se la realizó mediante el método topográfico por cinta, para lo cual se realizaron mediciones de los límites del terreno con el flexómetro, posteriormente con la ayuda de dos estacas semejantes y dos niveles se determinó la altimetría de lugar, para ello se colocó la una estaca en la esquina del terreno y la otra cada 10 metros unidas con la cuerda, con la ayuda del nivel verificamos que la cuerda se encuentre completamente recta, posteriormente se midió la diferencia de alturas de cada estaca, obteniendo la pendiente de cada tramo.

2.3.7 Dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Para el diseño de la planta de tratamiento se tomó en cuenta; el volumen y las características físicas-químicas, biológicas y microbiológicas del agua a tratar, como también el espacio disponible, su topografía, para de este modo proponer las tecnologías que más se adapten, para garantizar una correcta depuración del agua y cumplir las exigencias de descarga de efluentes de acuerdo a la Normativa Ambiental vigente.

Para el diseño de los distintos procesos de tratamiento se utilizaron varios criterios y ecuaciones desarrollados por varios autores como: Metcalf & Eddy (1995), Jairo Alberto Romero Rojas (2002), Aurelio Hernández, Normas RAS 2000.

2.3.8 Elaboración de planos

Para la realización de los planos correspondientes a los distintos procesos de tratamiento se usó el programa de AUTOCAD.

2.3.9 Método de evolución de impactos.

Se realizaron las evaluaciones de los impactos generados en Productos Lácteos Pillaro como también la posible implantación de la planta de tratamiento de aguas residuales, para ambos caso se procedió de la siguiente manera.

Características del impacto.

Se los clasificó como positivo o negativos de acuerdo al efecto producido.

- **Positivo (+):** es cuando se observa un efecto benéfico en el medio.
- **Negativo (-):** cuando componente deteriora o daña al medio.

Las valoración de intensidad, extensión, reversibilidad, riesgo fueron tomadas dentro de un rango de 1 a 3.

Calculando posteriormente la importancia y magnitud, para finalmente obtener la severidad del impacto cuyos resultados se comparan con la escala de valores asignados para el efecto que se presenta siguiente tabla:

Tabla XX. Escala de Valoración de la Severidad del Impacto.

Escala de valores	Valoración de la severidad del impacto
7.6-10	Severo
5.1-7.5	Crítico
2.6-5	Moderado
0-2.5	Leve

Fuente: Leopold 1971.

CAPÍTULO III

3 CÁLCULOS Y RESULTADOS.

3.1 CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

3.1.1 Población de diseño.

Debido a las variaciones constantes de producción registrada en los últimos años en Productos Lácteos Pillaro, los datos considerados para la población de diseño será la producción más alta registrada en las distintas áreas.

En la siguiente tabla se muestran los datos de producción más elevados durante los últimos años encontrados en los antecedentes de la industria:

Tabla XXI. Datos de Producción.

Fecha.	Producto.	Producción (L)
30 de Diciembre del 2010	Leche pasteurizada.	16820
30 de Abril del 2009	Quesos.	10500
7 de Octubre del 2010	Yogurt.	2950
30 de Abril del 2009	Naranjadas.	3600
	TOTAL	33870

Fuente: Registros de producción Productos Lácteos Pillaro 2009-2012.

3.1.2 Caudal de diseño.

Para la determinación del caudal de diseño se considera siguiente ecuación:

$$Q_{diseño} = P \times D$$

Ecuación 62

Dónde:

$Q_{diseño}$ = Caudal de diseño, L/d.

P = Población, L.

D = Dotación, L/d

Realizados los balances de masa en cada una de las áreas de producción se determinó las dotaciones correspondientes para producir un litro de cada producto, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XXII. Dotación de agua por litro de producto elaborado.

Producto.	Dotación de agua por litro de leche tratada. (L/día)
Leche pasteurizada.	1.44
Queso.	1.66
Yogurt	0.278
Naranjadas.	0.198

Fuente: Daniela Llanos.

En la tabla anterior se puede divisar los valores de dotación los cuales son menores en cuanto a estándares comunes, ya que los consumos de agua aproximados en relación al producto elaborado es el siguiente:

- Leche: 3,5 litros de agua por litro de leche
- Quesos: 8 litros de agua por litro de leche
- Mantequilla: 3 litros de agua por litro de leche

Finalmente tras obtener los valores de dotación en la siguiente tabla se muestran los caudales de diseño en cada una de las áreas de producción de Productos Lácteos Pillaro:

Tabla XXIII. Caudal de diseño.

Producto.	Producción (L)	Dotación (L/d)	Caudal de diseño (L/d)
Leche pasteurizada.	16820	1.44	24220,8
Queso.	10500	1.65	17325
Yogurt	2950	0.278	820,1
Naranjadas.	3600	0.198	715,68
		TOTAL	43081,58

Fuente: Daniela Llanos.

Una vez calculado el caudal de cada una de las áreas, se obtiene un caudal total el cual será empleado en los cálculos correspondientes para el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de Productos Lácteos Pillaro, consiguiendo de este modo un caudal final de 43081,58 L/d.

3.1.3 Caracterización del agua residual.

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio fueron: turbiedad, conductividad, alcalinidad, grasas y aceites, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, fosfatos, nitratos, cloruros, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos volátiles.

Así mismo como se mencionó anteriormente la temperatura y pH de cada una de las submuestras antes de ser colocadas en los respectivos envases fueron tomadas in situ, para formar la muestra final que fue trasladada al laboratorio.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las muestras analizadas, durante los días de monitoreo.

Tabla XXIV. Resultados de laboratorio.

PARÁMETROS	20-sep	21-sep	NIVELES PERMISIBLES
Grasas y aceites	308,4	415,1	100
pH	5,84	5,39	5--9
Demanda Química de Oxígeno	9812	18100	500
Demanda Biológica de Oxígeno	6800	12200	250
Coliformes Totales	600000	820000	-
Coliformes Fecales	6400	58000	-
Sólidos Totales	6448	5332	1600
Sólidos sedimentables	30	12	20
Sólidos Volátiles	656	296	-

Turbiedad	250	1730	-
Conductividad	1894	3540	-
Alcalinidad	10	10	-
Fosfatos	242,66	317,99	15
Sólidos Totales	6448	5332	1600
Sólidos Disueltos	996	1820	-
Nitratos	28,15	46,75	-
Cloruros	510	950	-
Sólidos suspendidos	5422	3500	

Fuente: LAB CESTA, Laboratorio de análisis Técnico y Laboratorio de Microbiología ESPOCH.

En la tabla anterior se puede identificar claramente que la mayoría de los parámetros analizados se encuentran fuera de los límites permisibles, sin embargo parámetros como; pH en los dos días se encuentra dentro de los límites permisibles al igual que los sólidos sedimentables en el último día de muestreo.

Por ello para los sistemas de tratamiento se consideran los valores más altos de contaminación de los parámetros necesarios para el dimensionamiento, registrados durante los tres días de muestreo, siendo los más importantes:

- Demanda biológica de oxígeno: 12200 mg/L.
- DQO 18100mg/L.
- Aceites y grasas 415.1 mg/L.
- Sólidos suspendidos 5422 mg/L.

3.1.4 Cálculos del dimensionamiento de la planta de tratamiento.

3.1.4.1 Dimensionamiento de rejillas.

El sistema de rejillas seleccionado es de tipo manual debido a que al poco caudal a tratar, por ello para este dimensionamiento se consideran los distintos criterios de Normas RAS 2000, como también los datos de Tabla II en cuanto a Coeficiente de pérdida para rejillas y la Figura 5 para la selección de la forma de rejillas.

Cálculo de la velocidad a través de la rejilla.

Considerando la velocidad sugerida dentro de la Norma RAS 2000 despejamos de la ecuación 2 el área, obteniendo de este modo:

$$A = \frac{Q}{v}$$

$$A = \frac{0.001496m^3/s}{0.6m/s}$$

$$A = 0.002493m^2$$

Cálculo de la altura del tirante del agua.

Asumiendo un ancho de canal de 0.20, y despejando la altura de la ecuación 3 determinamos la altura del tirante del agua:

$$h = \frac{A}{w}$$

$$h = \frac{0.002493m^2}{0.20m}$$

$$h = 0.012466m$$

Altura del canal.

$$H = h + h_s$$

$$H = 0.012466m + 0.3m$$

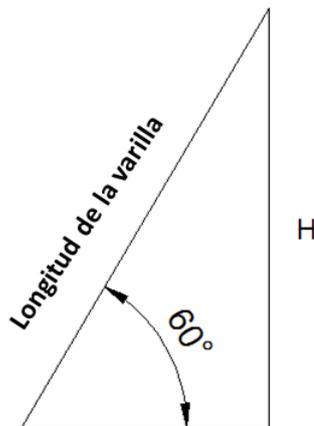
$$H = 0,31m$$

Para fines de construcción se considerará una altura final de 0.35m

Calculo de la longitud de las barras.

Considerando un ángulo de inclinación de 60°.

Figura 16. Inclinación de la varilla.



Fuente: Daniela Llanos

$$\text{sen } 60^\circ = \frac{H}{L}$$

$$L = \frac{H}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L = \frac{0,35m}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L = 0,40m$$

Cálculo de la suma de las separaciones entre barras

$$b_g = \left(\frac{w - e}{s + e} + 1 \right) e$$

$$b_g = \left(\frac{0.20m - 0.015m}{0.005m + 0.015m} + 1 \right) 0.015m$$

$$b_g = 0.15m$$

Cálculo del número de barrotes

$$n = \frac{w}{e + s}$$

$$n = \frac{0.20m}{(0.005 + 0.015)m}$$

$$n = 10 \text{ barrotes}$$

Cálculo de la pérdida de carga.

$$h_f = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{V^2}{2g} \text{sen} \delta$$

$$h_f = 1.79 \left(\frac{0.005m}{0.015m} \right)^{\frac{4}{3}} \frac{(0.6m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} \text{sen} 60$$

$$h_f = 0,006580644m$$

3.1.4.2 Dimensionamiento de floculador.

Cálculo del área del floculador.

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{43.08m^3/d}{50m^3/m^2d}$$

$$A = 0.86m^2$$

Cálculo del ancho del floculador.

$$b = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$b = \sqrt{\frac{0.86m^2}{2}}$$

$$b = 0.65m$$

Cálculo del largo del floculador.

$$Lg = 2b$$

$$Lg = 2(0.65m)$$

$$Lg = 1.31m$$

Cálculo del volumen.

Calculado el largo y ancho del floculador y considerando una altura total de 2,5 metros se determina el volumen:

$$V = Lg \times b \times H$$

$$V = 1.31m \times 0.65m \times 2.5m$$

$$V = 2.13m^3$$

Cálculo tiempo de detención.

$$T_d = \frac{V}{Q}$$

$$T_d = \frac{2.13m^3}{5.39m^3/h}$$

$$T_d = 0.39h$$

$$T_d = 23.71minutos$$

Cálculo de la potencia.

Mediante la tabla VI y considerando una temperatura de 15°C determinamos la potencia necesaria en el floculador.

$$P = G^2 \mu V$$

$$P = 45^2 s^{-1} \times 0.001139 Kg/ms \times 2.13m^3$$

$$P = 4.91W$$

Cálculo del área de las paletas.

Considerando las paletas de tipo vertical aplicamos la siguiente fórmula:

$$A_p = \frac{2P}{C_d \times \delta \times v^3}$$

$$A_p = \frac{2(4.91W)}{1.15 \times 999.1kg/m^3 \times (0.5m/s)^3}$$

$$A_p = 0.069m^2$$

3.1.4.3 Dimensionamiento sedimentador primario.

El sedimentador seleccionado es de tipo rectangular para lo cual se realizaron los siguientes cálculos para determinar las dimensiones.

Calculo del área superficial del sedimentador.

La velocidad terminal fue tomada de la Tabla IV según los criterios de Aurelio Hernández.

$$A = \frac{Q}{v_c}$$

$$A = \frac{5.39m^3/h}{1.8m/h}$$

$$A = 2.99m^2$$

Ancho del sedimentador.

Aplicando la ecuación 13 se obtiene el ancho del sedimentador

$$b = \sqrt{\frac{A}{3}}$$

$$b = \sqrt{\frac{2.99m^2}{3}}$$

$$b = 0.99m$$

Seguidamente mediante la ecuación 10 determinamos el largo del sedimentador.

$$Lg = 3b$$

$$Lg = 3(0.99m)$$

$$Lg = 2.97m$$

De la misma forma para fines de construcción se aproximará a 1 y 3 metros para el ancho y longitud del sedimentador respectivamente.

La altura es de 1.5 m de acuerdo a los criterios de diseño de la OPS (1.5– 2.5m)

Cálculo del volumen del sedimentador mediante la fórmula:

$$V = Lg \times b \times H$$

$$V = 3m \times 1m \times 1.5m$$

$$V = 4.5m^3$$

Tiempo de retención hidráulico.

$$T_{rh} = \frac{V}{Q}$$

$$T_{rh} = \frac{4.5m^3}{5.39m^3/h}$$

$$T_{rh} = 0.836h$$

3.1.4.4 Dimensionamiento de sistema de lodos activados.

Los datos considerados en cuanto a al diseño del sistema de lodos activados fueron tomados de las tablas VII y VI según los criterios de Metcalf & Eddy.

- Tiempo de retención celular, $\theta_c = 20$ días.

- Coeficiente de producción celular, $Y = 0.6$ Kg de células producida/ Kg de MO
- Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación, $X = 4$ Kg/m³
- Coeficiente de degradación endógena, $K_d = 0.06$ d⁻¹

Además el valor de concentración de la remoción de la DBO y sólidos suspendidos al final de sedimentador primario es de 2379mg/L y 542.2 mg/L respectivamente.

Cálculo de la DBO5 soluble.

Para la determinación de este parámetro consideramos la siguiente ecuación:

$$DBO_{soluble} = DBO_5 - 0.6(SS)$$

$$DBO_{soluble} = 2196mg/L - 0.6(284.65mg/L)$$

$$DBO_{soluble} = 2025.21mg/L$$

Cálculo del volumen del reactor.

$$V = \frac{\theta_c Y (S_0 - S) Q}{X (1 + K_d \theta_c)}$$

$$V = \frac{(20)(0.6)(2.025 - 0.142)(43.08)}{4 (1 + 0.06 \times 20)}$$

$$V = 110.61m^3$$

Dimensiones del tanque de aireación:

$$b = 6.5m$$

$$L = 5.75m$$

$$H = 3m$$

Para la determinación del tiempo de retención hidráulica se emplea la ecuación 18:

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

$$\theta = \frac{110.61m^3}{5.39m^3/h}$$

$$\theta = 20.52h$$

La relación alimento/microorganismos (F/M):

$$\frac{F}{M} = \frac{(S_0 - S)}{X \times V} \times Q$$

$$\frac{F}{M} = \frac{(2.025 - 0.142)}{4 \times 110.61} \times 43.08$$

$$\frac{F}{M} = 0.18d^{-1}$$

Producción de lodo observada se puede calcular por medio:

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d(\theta_c)}$$

$$Y_{obs} = \frac{0.6 \text{ Kg de celula producida/KgMO}}{1 + 0.06d^{-1}(20d)}$$

$$Y_{obs} = 0.27 \text{ Kg de celula producida/KgMO}$$

Producción diaria de fango que hay que purgar:

$$P_x = Y_{obs} Q (S_0 - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$$

$$P_x = (0.27)(43.08) (2025.20 - 141.76) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}$$

$$P_x = 21.90 \text{ kg/d}$$

Determinación de la necesidad de oxígeno

$$\text{kg} \frac{O_2}{d} = \frac{Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{f} - 1.42(P_x)$$

$$\text{kg} \frac{O_2}{d} = \frac{(43.08)(2025.20 - 141.76) \times (10^3 \text{ g/kg})^{-1}}{0.45} - 1.42(21.90)$$

$$\text{kg} \frac{O_2}{d} = 148.89$$

Purga de fangos.

Para la determinación del caudal de purga se aplica la siguiente expresión:

$$Q'_w = \frac{V}{\theta_c}$$

$$Q'_w = \frac{110.61 \text{ m}^3}{20 \text{ d}}$$

$$Q'_w = 5.53 \text{ m}^3/\text{d}$$

Cálculo de la potencia necesaria para llevar a cabo el proceso de aireación a través de soplantes:

$$P_W = \frac{wRT_1}{29.7ne} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_W = \frac{(0.63)(8.314)(288)}{29.7(0.283)(0.8)} \left[\left(\frac{1.7}{0.95} \right)^{0.283} - 1 \right]$$

$$P_W = 40.16kW$$

3.1.4.5 Dimensionamiento de sedimentador secundario.

Calculo de la carga superficial.

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

$$A = \frac{43.08m^3/d}{32 m^3/m^2d}$$

$$A = 1.34 m^2$$

Mediante la ecuación 31 se determina el diámetro del sedimentador secundario:

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{1/2}$$

$$D = \left(\frac{4 \times 1.34}{3.1416}\right)^{1/2}$$

$$D = 1.30m$$

Considerando que el 25% del diámetro es el reparto central, y aplicando la ecuación 32 se obtiene el diámetro del reparto central.

$$D_r = D \times 0.25$$

$$D_r = 1.30 \times 0.25$$

$$D_r = 0.327m$$

Cálculo de la altura de reparto.

$$h_r = \frac{1}{4} \times H$$

$$h_r = \frac{1}{4} \times 4m$$

$$h_r = 1m$$

Determinación de la carga sobre el vertedero de salida.

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{Q}{\pi \times D}$$

$$C_{\text{vertedero}} = \frac{43.08m^3/d}{3.1416 \times 1.30m}$$

$$C_{\text{vertedero}} = 10.47m^3/md$$

El valor de inclinación de fondo del sedimentador secundario considerado generalmente es de 15°.

3.1.4.6 Dimensionamiento de digestión anaerobia de lodos.

Caudal diario de lodo.

$$Q_L = \frac{\text{Remoción de ST} \times Q}{\delta \times H}$$

$$Q_L = \frac{0.15kg/m^3 \times 43.08m^3}{1.02 \times 95\%}$$

$$Q_L = 0.126 m^3/d$$

Volumen del digestor

$$V = Q_L \times \theta_c$$

$$V = 0.126 \text{ m}^3/d \times 28d$$

$$V = 3.54\text{m}^3$$

Carga de DBOU (CO)

$$CO = \text{Remoción de DBO} \times Q$$

$$CO = 0.16\text{kg}/\text{m}^3 \times 43.08\text{m}^3/d$$

$$CO = 6.89\text{kgDBO}/d$$

Carga volumétrica del digestor (COV)

$$COV = \frac{CO}{V}$$

$$COV = \frac{6.89\text{kgDBO}/d}{3.54\text{m}^3}$$

$$COV = 1.94\text{Kg DBO}/\text{m}^3d$$

Producción diaria de biomasa.

$$P_x = \frac{Y(S_0 - S)Q}{1 + K_d\theta_c}$$

$$P_x = \frac{0.06(0.16 - 0.064)43.08}{1 + 0.03 \times 28d}$$

$$P_x = 0.13\text{KgSV}/d$$

Porcentaje de estabilización.

$$E = \frac{e \times CO - (1.42)(P_x)}{CO} \times 100$$

$$E = \frac{0.6 \times 6.89 - (1.42)(0.13)}{6.89} \times 100$$

$$E = 57.22\%$$

Volumen de metano producido.

$$CH_4 = 0.35[Q \times (S_0 - S) - 1.42P_x]$$

$$CH_4 = 0.35[43.08 \times (0.16 - 0.064) - 1.42 \times 0.13]$$

$$CH_4 = 1.38m^3/d$$

3.1.4.7 Dimensionamiento de eras de secado.

Para determinar la carga de sólidos es necesario la determinación de la población para lo cual emplearemos la relación de habitantes equivalentes mediante la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{V \times DBO}{C}$$

Ecuación 63

Dónde:

PE = Población equivalente, hab.

V = Volumen, m^3/d .

DBO = DBO_5 del efluente industrial, g/m^3 .

C = Carga orgánica contaminante típica per cápita $g/hab \cdot día$. (Valor típico 60)

$$PE = \frac{V \times DBO}{C}$$

$$PE = \frac{43.08 \times 12200}{60}$$

$$PE = 8760 \text{ hab}$$

Calculado este valor determinamos la carga de sólidos mediante la ecuación 51.

$$SS = SS * Q * \left(\frac{1}{Poblacion} \right)$$

$$SS = 19.93 * 43.08 * \left(\frac{1}{8760} \right)$$

$$SS = 0.097 \text{ gSS/hab} * d$$

Cálculo de sólidos suspendidos que salen.

$$C = \frac{P * SS}{1000g}$$

$$C = \frac{8760 \times 0.097}{1000g}$$

$$C = 0.85 \text{ KgSS/dhab}$$

Masa de sólidos suspendidos.

$$M_{sd} = (0.5 * 0.5 * 0.7 * C) + (0.5 * 0.3 * C)$$

$$M_{sd} = (0.5 * 0.5 * 0.7 * 0.85) + (0.5 * 0.3 * 0.85)$$

$$M_{sd} = 0.27 \text{ KgSS/habd}$$

Volumen diario de lodos digeridos.

$$V_{Ld} = \frac{M_{sd}}{\delta_{Lodo} (\% \text{ sol}/100)}$$

$$V_{Ld} = \frac{0.27}{1.2(12/100)}$$

$$V_{Ld} = 1.93L/d$$

Volumen de lodos a extraerse.

$$V_{el} = \frac{V_{Ld} * T_{rh}}{1000}$$

$$V_{el} = \frac{1.93L/d * 60d}{1000}$$

$$V_{el} = 0.11m^3$$

Área de lecho de secado.

$$A_{ls} = \frac{V_{el}}{H_A}$$

$$A_{ls} = \frac{0.11m^3}{0.3m}$$

$$A_{ls} = 0.37m^2$$

Número de eras.

$$Numero_{eras} = 1$$

$$B = 0.5m$$

$$L = 0.8m$$

3.1.4.8 Dimensionamiento del tanque de desinfección.

Primeramente calculamos la dosis promedio del desinfectante:

$$D = \frac{D_M + D_m}{2}$$

$$D = \frac{4.3mg/L + 1.4mg/L}{2}$$

$$D = 2.85mg/L$$

Posteriormente el peso requerido de desinfectante se considera en la siguiente ecuación:

$$P = Q \times D$$

$$P = 1.49L/s \times 2.85mg/L$$

$$P = 4.24mg/s$$

$$P = 0.36 Kg/d$$

Cálculo del volumen del tanque de cloración.

$$V = Q \times Tr$$

$$V = 0.00149m^3/s \times 120s$$

$$V = 0.18m^3$$

Asumiendo una base rectangular el ancho y largo del tanque serán:

$$L = 0.5m$$

$$A = 0.4m$$

Altura del tanque.

$$A_t = \frac{V}{L \times A}$$

$$A_t = \frac{0.18m^3}{0.5m \times 0.4m}$$

$$A_t = 0.9m$$

Además debe considerar una altura de seguridad mínima de 0,3m por tanto la altura final será:

$$A_T = A_t + A_s$$

$$A_T = 0.9m + 0.3m$$

$$A_T = 1.2m$$

3.2 CÁLCULOS PARA DETERMINAR LA REMOCIÓN DE LOS CONTAMINANTES.

Se tomó en cuenta a aquellos parámetros más trascendentales como: DBO₅, DQO, sólidos suspendidos para determinar el porcentaje de remoción en cada uno de los procesos que formarán parte de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Para lo cual se tomaron valores de diferentes investigaciones, para de este modo obtener una remoción teórica de cada uno de los métodos.

Coagulación- Floculación.

De acuerdo a bibliografía revisada, mediante la floculación se logra alcanzar porcentajes de remoción de más del 90% de aceites y grasas, 85 % de remoción en sólidos suspendidos y 70 % en DBO₅, DQO.

Considerando los porcentajes anteriores se obtendrá una remoción teórica de:

Remoción de DBO₅

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 12200\text{mg/L} - \left(\frac{12200\text{mg/L} \times 70}{100}\right)$$

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 3660\text{mg/L}$$

Remoción de DQO

$$DQO_{\text{Removida}} = 18100\text{mg/L} - \left(\frac{18100\text{mg/L} \times 70}{100}\right)$$

$$DQO_{\text{Removida}} = 5430\text{mg/L}$$

Remoción de SS

$$SS_{\text{Removida}} = 5422\text{mg/L} - \left(\frac{5422\text{mg/L} \times 85}{100}\right)$$

$$SS_{\text{Removida}} = 813.3\text{mg/L}$$

Remoción de aceites y grasas

$$AceitesyGrasas_{\text{Removida}} = 415.1\text{mg/L} - \left(\frac{415.1\text{mg/L} \times 90}{100}\right)$$

$$AceitesyGrasas_{\text{Removida}} = 41.51\text{mg/L}$$

Además en este tipo de proceso se registran eliminación del entre el 80 y 90% en cuanto a bacterias.

Sedimentador primario.

De la misma manera el porcentaje de eficiencia en este procesos varia en un rango de 50-70% en sólidos suspendidos y 35-45% en DBO₅ y DQO, por lo cual los porcentajes de remoción teóricos asumidos son de 40% en cuanto a DQO, DBO₅ y 65% en sólidos suspendidos.

Remoción de DBO₅

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 3660\text{mg/L} - \left(\frac{3660\text{mg/L} \times 40}{100}\right)$$

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 2196\text{mg/L}$$

Remoción de DQO

$$DQO_{\text{Removida}} = 5430\text{mg/L} - \left(\frac{5430\text{mg/L} \times 40}{100}\right)$$

$$DQO_{\text{Removida}} = 3258\text{mg/L}$$

Remoción de SS

$$SS_{\text{Removida}} = 813.3\text{mg/L} - \left(\frac{813.3\text{mg/L} \times 65}{100}\right)$$

$$SS_{\text{Removida}} = 284.65\text{mg/L}$$

Lodos activados.

El proceso de lodos activos mediante aireación extendida presenta remociones del 75-95% en todos los parámetros por lo cual se considera una remoción del 93%

Remoción de DBO_5

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 2196mg/L - \left(\frac{2196mg/L \times 93}{100} \right)$$

$$DBO_{5\text{ Removida}} = 153.72mg/L$$

Remoción de DQO

$$DQO_{\text{Removida}} = 3258mg/L - \left(\frac{3258mg/L \times 93}{100} \right)$$

$$DQO_{\text{Removida}} = 228.06mg/L$$

Remoción de SS

$$SS_{\text{Removida}} = 284.65mg/L - \left(\frac{284.65mg/L \times 93}{100} \right)$$

$$SS_{\text{Removida}} = 19.92mg/L$$

Se adecuo un sistema de cloración para una eliminación total de coliformes.

3.3 IMPACTO AMBIENTAL.

Toda ejecución de proyectos trae consigo una serie de impactos ambientales, ya sean estos positivos o negativos debido a las distintas acciones durante la construcción, ejecución y abandono. Por ello se considerará la matriz modificada de Leopold identificando las posibles acciones que afectarán al medio circundante.

Las acciones consideradas durante las fases de implementación fueron tomadas de la guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental de Conesa Fernández, en el cual presenta los posibles impactos y factores impactados en las estaciones depuradoras de aguas residuales.

Las acciones tomadas en cuenta son:

a) Fase de construcción.

- Alteración de la cubierta terrestre
- Excavación
- Transporte de materiales y desechos
- Montaje y obra de ingeniería
- Vías de acceso

b) Fase de funcionamiento.

- Rejillas
- Floculador
- Sedimentador primario
- Tanque de aireación
- Sedimentador secundario
- Digestión de lodos
- Secado de lodo
- Evacuación de efluente

Por su parte los factores considerados son:

a) Aire.

- Emisiones Atmosféricas
 - Generación de olores
 - Nivel sonoro.
- b) Suelo.**
- Uso del suelo.
 - Calidad del suelo.
 - Generación de desechos
- c) Agua.**
- Uso del agua
 - Calidad del agua
- d) Flora.**
- Desaparición de la cubierta vegetal
- e) Fauna.**
- Desaparición microfauna
 - Presencia de vectores
- f) Infraestructura.**
- Aumento de consumo energético
- g) Humano.**
- Salud y seguridad laboral
- h) Económico.**
- Generación de empleo
 - Paisaje

El método empleado es el mismo que se describe en el Capítulo II, en el apartado de método de evaluación de impactos.

En la matriz de Leopold, (Tabla XXV) se puede apreciar que las actividades que generarán impactos negativos son la una notable disminución del calidad del suelo, pero por su parte se debe tomar en cuenta que el uso que se le dará es más beneficioso considerando que el área no posee ningún uso específico en la actualidad, además la generación de partículas como el nivel sonoro también aumentaría durante la fase de construcción.

Por su parte el factor que se ve más afectado durante la fase de funcionamiento es el aumento de consumo energético.

El factor agua sin embargo el factor ambiental más beneficiado de manera positiva en cuanto a gran mejora de la calidad del agua, como además la generación de empleo, resultado ser un proyecto factible para la industria.

Tabla XXV. Matriz de Leopold.

		FASE DE CONSTRUCCIÓN					FASE DE FUNCIONAMIENTO							AFECCIONES NEGATIVAS	AFECCIONES POSITIVAS	NÚMERO DE INTERACCIONES	AGREGACIÓN DE IMPACTOS	
		Relocación de la actividad terrestre	Excavación	Transporte de materiales y desechos	Montaje y obra de carpintería	Vista de zonas	Rugidos	Plumíferos	Sedimentación primaria	Tanque de circulación	Sedimentación secundaria	Disposición de lodos	Estado de lodo					Excavación de refuerzo
Riesgo	Barridos (Profesor)	-1	-1,4		-1,4										3	0	3	-3,0
	Excavación de zona										-1,2		-1,2	-1,2	3	0	3	-3,6
Suelo	Excavación		-1,4	-1	-1,4	-1					-1,2			5	0	5	-6	
	Excavación				1,8	1,4								0	2	2	5,44	
Agua	Excavación	-1,8	-1,6											2	0	2	-5,78	
	Excavación	-1	1,2	-1	-1,4		-1,2	-1,2	-1,2				-1,6	0	0	0	-15,35	
Flora	Excavación				-1,8	-1,2								2	0	2	-4,76	
	Excavación						1,8	1,8	1,8	1,8			1,8	0	5	5	18	
Fauna	Excavación	-1,2	-1,2											2	0	2	-5,84	
	Excavación	-1,2	-1,2		-1,2									3	0	3	-6,12	
Infraestructura	Excavación													1	0	1	-1,2	
	Excavación				-1,4		-1,2							3	0	3	-6,46	
Humano	Excavación	-1	-1	-1	-1	-1								4	0	4	-4	
	Excavación	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,1	0	11	11	55,92	
Económico	Excavación	-1,2	-1,2		-1,6									3	0	3	-6,56	
	Excavación	7	0	3	0	2	1	2	1	3	0	1	3	0	35			
AFECCIONES POSITIVAS		1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1		10		
NÚMERO DE INTERACCIONES		0	3	4	18	3	2	4	3	5	2	2	4	1		57		
AGREGACIÓN DE IMPACTOS		-7,12	-8,82	1,34	-8,18	-8,66	3	4,56	6,6	4,2	8,64	3,84	-8,88	3,6			18,32	

3.4 RESULTADOS.

3.4.1 Medición de caudal.

En la siguiente tabla se resumen los promedios obtenidos durante la medición de caudal por los 7 días desde las 8:00 hasta las 17:00.

Tabla XXVI. Caudal promedio diario.

Días	Caudal (L/s)
Lunes	0,471
Martes	0,644
Miércoles	0,604
Jueves	0,569
Viernes	0,567
Sábado	0,483
Domingo	0,570

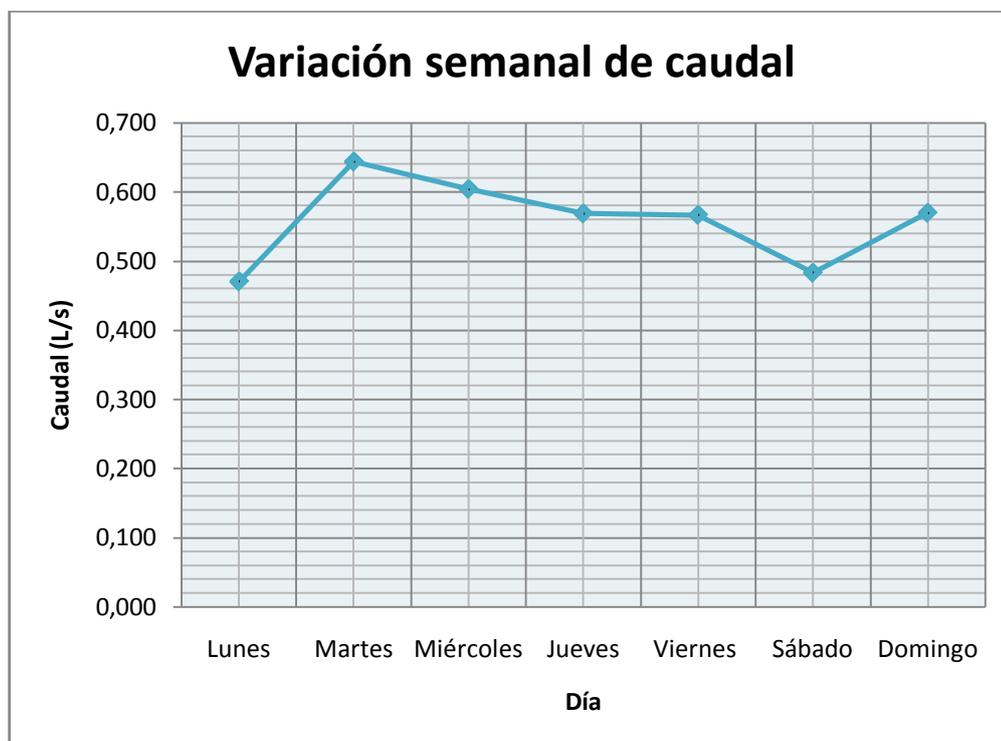
Fuente: Daniela Llanos.

Como se puede apreciar en la tabla anterior se registra un caudal mínimo los días lunes y sábados tomando en cuenta que el primer día no se realizaron labores de limpieza ya que el agua permaneció recirculándose obteniendo un caudal final de 0.4708 L/s, por su parte el segundo día se registró un caudal de 0.4833 L/s, ya que todos los días sábado solo existe producción de queso y en ocasiones de yogurt.

Considerando que el agua permaneció en recirculación, al siguiente día se obtuvo un caudal máximo de 0.6436 L/s, además el día en el cual se denota una mayor producción que en este caso fue domingo se observa un caudal máximo 0.5697 L/s.

En el siguiente grafico se puede observar la variación diaria de caudales durante los 7 días.

Figura 17. Variación diaria de caudales.



Fuente: Daniela Llanos.

3.4.2 Caracterización del agua.

En la etapa de caracterización de agua se pudo observar que el agua descargada presenta ciertas características in situ como son:

- La temperatura presenta un rango máximo de 38°C y mínimo de 12 °C.
- El pH registrado es muy variante, presentado cambios bruscos en la etapa de limpieza ya que muestra un pH básico en comparación con los registrados en las otras etapas, las cuales se sitúa en un rango entre 6-8.

Los resultados obtenidos de las muestras se presentan en la tabla XXIV.

3.4.3 Resultados de topografía.

Según el levantamiento topográfico realizado, se puede establecer que el terreno presenta una pendiente en el sentido este a oeste ligeramente pronunciada, por tal razón es recomendable ubicar en este sentido los procesos de tratamiento de modo que el agua fluya sin necesidad de empleo de bombas.

3.4.4 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento.

Acontinuación se muestran los resultados obtenido en los diferentes cálculos de las tecnologías de tratamiento, consideradas en el proceso de depuración del agua residual de Productos Lácteos Pillaro.

3.4.4.1 Resultados del dimensionamiento Rejillas.

Tras considerar cada uno de los criterios de diseño de rejillas manual o mecánica se optó por seleccionar las de limpieza manual debido a no existir un caudal considerable y constante, por ello la velocidad asumida es de 0.6 m/s y un ángulo de inclinación de 60° para una mejor remoción, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XXVII. Resultados dimensionamiento Rejillas.

Parámetro.	Valor.
Velocidad de aproximación a las rejillas	0.6 m/s
Angulo de inclinación de las rejillas	60°
Separación entre las barras de las rejillas	0.015m
Espesor de la varilla	0.005m
Coefficiente de pérdida(varilla circular)	1.79
Caudal	0.001496m ³ /s
Área	0.00249315m

Ancho	0.20m
Tirante de agua	0.01246m
Altura seguridad	0.30m
Altura del canal	0.35m
Longitud de las barras	0,40m
Número de barrotes	10
Pérdida de carga	0.006780m

Fuente: Daniela Llanos.

En esta tabla se puede observar un espaciamiento entre barrilas de 0.015mm para de este modo tener una mejor retención de los posibles escombros, además la pérdida de carga calculada es de 0.0067 la cual se ubica dentro de los parámetros establecidos por la norma colombiana RAS 2000 en la cual especifica que la pérdida no debe superar los 0.0075m.

Las dimensiones finales del canal donde serán ubicadas las rejillas son de 0.20m de ancho y 0.35 de altura final y constara de 10 barrotes de forma circular.

3.4.4.2 Resultado del dimensionamiento de floculador.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para el diseño del floculador:

Tabla XXVIII. Resultados dimensionamiento floculador.

Parámetro	Resultado.
Área del floculador.	0.86m ²
Ancho del floculador.	0.65m
Largo del floculador.	1.31m

Altura	2.5m
Volumen	2.13m ³
Tiempo	23.71 minutos
Potencia	4.91W
Área de las paletas.	0.049m ²

Fuente: Daniela Llanos.

El floculador seleccionado es de tipo rectangular cuyas medidas son de 1.35m de largo, 2.5 m de altura y ancho de 0.65m, el dato de longitud varia unos centímetros todo para facilidades de construcción, de la misma manera de acuerdo a los estudios realizados por varios países el tipo de floculante a emplearse debe ser de en base a aluminio ya que estos presentan mejores resultados, y el tiempo de mezcla es de 24 minutos aproximadamente el cual se lo efectuara a través de unas paletas de tipo vertical, encajando este tiempo dentro de los parámetro expuestos en el libro C de la Norma RAS 2000.

3.4.4.3 Resultado del dimensionamiento sedimentador primario.

Para una mejor sedimentación de las partículas se opta por un sedimentador primario de tipo rectangular posterior a la floculación, el cual presenta los siguientes resultados de diseño:

Tabla XXIX. Resultados dimensionamiento sedimentador primario.

Parámetro.	Valor.
Caudal	5,39 m ³ /h
Velocidad terminal	1.8 m/h
Área superficial	2.99 m ²

Ancho	0.99m
Largo	2.97 m
Altura	1.5 m
Volumen	4.5 m ³
Tiempo de retención	0.836 h
Distancia a colocar la cámara deflectora	0.7 m
Angulo de inclinación	10°

Fuente: Daniela Llanos.

El sedimentador mide 1m de ancho, 1,5 m de altura y 3mde largo con ángulo de inclinación de 10° para facilitar una mejor sedimentación.

La distancia a la cual se colocará la cámara reflectora es de 0.7metros la misma que poseerá agujeros para facilitar el paso del agua y el choque de los sólidos, garantizando así su depósito al final del tanque.

El tiempo calculado es de 0.836 horas el cual se aproxima a 1 hora el cual es mostrado en los criterios de diseño.

3.4.4.4 Resultado del dimensionamiento del sistema de lodos activados.

En la siguiente tabla se aprecian los resultados obtenidos de los cálculos del sistema de lodos activos:

Tabla XXX. Resultados dimensionamiento lodos activados.

Parámetro	Resultado
Tiempo de retención celular	20 días
Coefficiente de producción celular	0.6 Kg de células producida/ Kg de MO

Concentración de sólidos suspendidos volátiles en el tanque de aireación	4 Kg/m ³
Coefficiente de degradación endógena	0.06 d ⁻¹
Concentración de DBO del afluente	2.025Kg/m ³
Concentración de DBO del efluente	0.142Kg/m ³
Volumen del reactor	110.61m ³
Largo	6.5m
Ancho	5.75 m
Altura	3 m
Tiempo de retención hidráulica	20.52h
Relación alimento/microorganismos (F/M)	0.18 d ⁻¹
Producción de lodo observada	0.27 Kg de células producida/ Kg de MO
Producción diaria de fango	21.90 Kg/d
Necesidad de oxígeno	148.89 Kg O ₂ /d
Caudal de purga	5.53 m ³ /d
Potencia de aireación	40.16 kW

Fuente: Daniela Llanos.

El tipo de sistema seleccionado es el de aireación extendida que no es más que una pequeña variante del sistema convencional de lodos activados, se consideraron todos los criterios de diseño para este tipo de sistemas debido a la existencia de una carga contaminante elevada, garantizando de este modo una mejor remoción.

Los valores del coeficiente de degradación endógena, coeficiente de producción celular, son los valores típicos mostrados en distintas bibliografías.

En la cual el taque de aireación posee largo de 6.5m, ancho 5.75 m y altura de 3 m, el cual estar provisto de difusores los cuales proporcionaran una potencia de aireación de 40.16kW.

El tiempo calculado es de 20.52 horas encajando en este tipo de procesos, además también el caudal purgado será de 5.53m³/d los cuales serán dirigidos al área de digestión y secado.

3.4.4.5 Resultados del dimensionamiento de sedimentador secundario.

Los cálculos fueron efectuados considerando un sedimentador secundario de forma circular, como se muestra en la tabla XXXI.

Tabla XXXI. Resultados dimensionamiento sedimentador secundario.

Parámetro	Valor
Área superficial.	1.34m ²
Carga superficial,	32 m ³ /md
Diámetro del sedimentador	1.3092m
Diámetro del reparto central	0.327m
Altura del sedimentador	4
Altura de reparto.	1
Carga sobre el vertedero de salida.	10.47 m ³ /md
Angulo de inclinación	15°

Fuente: Daniela Llanos.

Se seleccionó un valor intermedio para la carga de superficie recomendado para el dimensionamiento de ese tipo de tratamientos.

El diámetro externo es de 1.30 metros, con una altura de 4 metros y posee una base cónica cuya inclinación es de 15° y el diámetro del reparo central es de 0.327 metros.

3.4.4.6 Resultados del dimensionamiento del digestión anaerobia.

Los lodos generados serán redirigidos a un digestor anaeróbico en el cual se los estabilizará, el mismo que presenta las siguientes características, resumidas en la siguiente tabla:

Tabla XXXII. Resultados dimensionamiento digestión anaerobia de lodos.

Parámetro	Valor
Caudal diario de lodo.	0.126 m ³ /d
Volumen del digestor	3.54m ³
Carga de DBOU (CO)	6.89kgDBO/d
Carga volumétrica del digestor (COV)	1.94KgDBO/m ³ d
Producción diaria de biomasa.	0.13KgSV/d
Porcentaje de estabilización.	57.22%
Volumen de metano producido.	1.38m ³ /d

Fuente: Daniela Llanos.

Se considerará un digestor tipo cilíndrico con base cónica el cual tomado encuentra las relaciones diámetro/profundidad, altura de seguridad, obteniendo de este modo las dimensiones del tanque que serán de 2 m de diámetro con una altura de 1 m, añadiendo 1 m como altura de seguridad, con una altura total de 2m; estabilizando un caudal diario

de 0.126 m³/d de lodo, y producirá un volumen de 1.38m³/d de metano, el cual puede ser capturado y ser aprovechado como generador de energía para otro proceso dentro de la planta de tratamiento, disminuyendo costos energéticos.

3.4.4.7 Resultados del dimensionamiento de eras de secado.

La última etapa antes de la disposición final del lodo es el secado el cual será realizado en una era de secado la cual presenta las siguientes dimensiones largo 0.8m, ancho 0.5m y altura de la era de secado 0.3m como se puede divisar en la tabla final de resultados de este proceso:

Tabla XXXIIIIII. Resultados dimensionamiento eras de secado.

Parámetro	Valor
Carga de sólidos	0.097gSS/d
Sólidos suspendidos que salen.	0.85KgSS/d
Masa de sólidos suspendidos.	0.27KgSS/d)
Volumen diario de lodos digeridos.	1.93 L/d
Volumen de lodos a extraerse.	0.11m ³
Área de lecho de secado.	0.37 m ²
Número de eras.	1
Largo de la era de secado	0.8m
Ancho de la era de secado.	0.5m
Altura de la era de secado.	0.3

Fuente: Daniela Llanos.

Al tratarse un lodo estabilizado y posteriormente secado posee semejanzas al abono, razón por la cual podría ser aprovechado mediante su venta o distribución libre a los agricultores de la zona.

3.4.4.8 Resultados del dimensionamiento de tanque de desinfección.

Debido a los resultados elevados de parámetros microbiológicos se creyó prudente el diseño de un tanque de cloración para de esta manera garantizar una correcta eliminación de organismos patógenos.

En la siguiente tabla se resumen los cálculos obtenidos:

Tabla XXXIV. Resultados dimensionamiento del tanque de desinfección.

Parámetro.	Resultado.
Peso requerido de desinfectante	0.36Kg/d
Volumen del tanque de cloración	0.18m ³
Largo del tanque.	0.5m
Ancho del tanque.	0.4m
Altura del tanque.	1.2m

Fuente: Daniela Llanos.

El tanque de cloración tendrá las siguientes dimensiones 0.5m de largo, 0.4 de ancho y 1.2 de altura con un peso requerido 0.36Kg/d de hipoclorito de calcio.

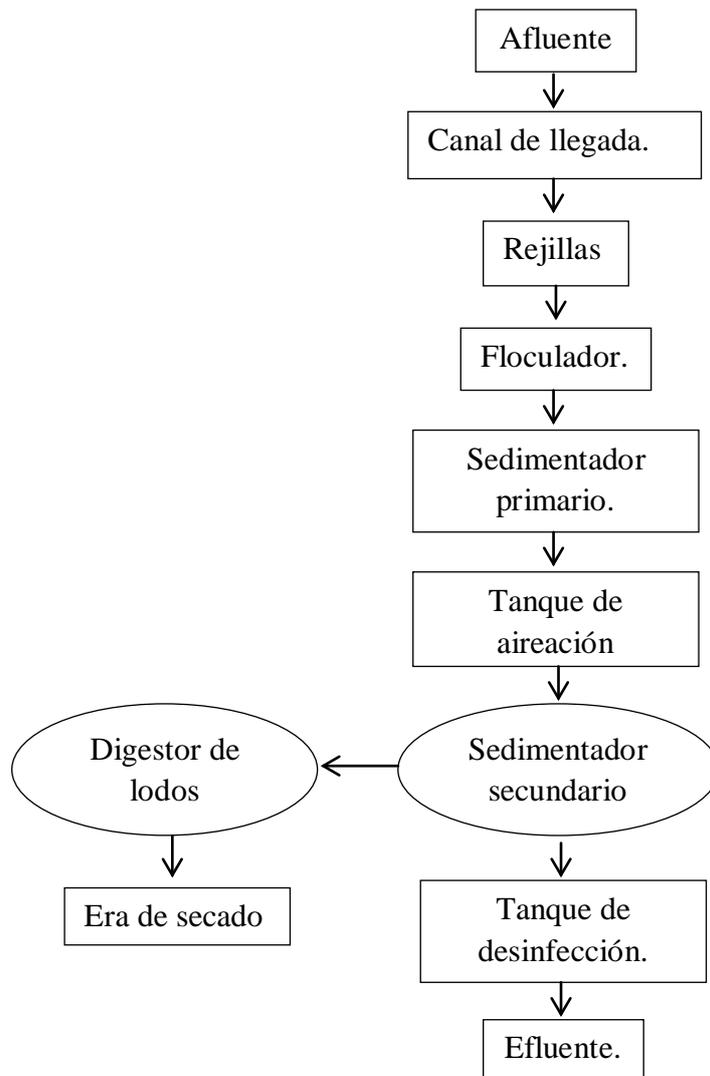
3.4.5 Planta de tratamiento de aguas residuales propuesta.

Mediante el análisis de la cantidad de agua descargada por Productos lácteos Pillaro y posterior análisis de las mismas se pudo constatar que la mayoría de los parámetros

analizados se encuentran en límites superiores a los permitidos por la normativa ambiental vigente.

Por ello tras realizar esta evaluación y considerando la disponibilidad de terreno se presenta la propuesta de una plantade tratamiento de las aguas residuales, la cual se ajusta a la realidad de la industria, por tanto los procesos que formarán parte de la planta son:

Figura 18. Esquema de la Planta de tratamiento de agua residual propuesta.



El agua residual descargada por parte de Productos Lácteos Pillaro pasa por un sistema de rejillas, el cual permite una retención de los sólidos de mayor tamaño, residuos de plásticos provenientes de procesos de enfundado, envasado de productos como también restos del proceso de producción.

Posteriormente el agua pasa a un tratamiento físico químico como es coagulación-floculación empleando un floculador de tipo mecánico, presentando este tratamiento porcentajes de remoción de más del 90 % en aceites y grasas, 85% en sólidos suspendidos, 70% de DBO₅ y DQO. De acuerdo a estudios de tratabilidad realizados por L. AbiaAguilá, Director Ingeniería Corcontrol, S.A. y M. Rodríguez Horcajo, Director Gerente Ecofluid Tratamientos, S.A se establece un tratamiento altamente eficaz usando una combinación de sal de aluminio como coagulante y un polímero aniónico de peso molecular medio y carga aniónica media (15 meq/g).

Inmediatamente el agua pasa a un sedimentador primario tipo rectangular, el cual permite una mejor decantación de los sólidos del proceso anterior.

Después el agua entra a un tratamiento biológico denominado lodos activados, el cual consiste en un tanque el cual estar provisto de difusores los cuales proporcionan la aireación suficiente para una remoción de DBO₅, DQO y SS entre 75 y 95%. También este sistema cuenta con un sedimentador secundario de tipo circular el cual garantiza la remoción de los lodos en exceso provenientes del tanque de aireación como también la recirculación de los lodos activados.

Finalmente el agua pasará por un tanque de cloración para una eliminación de organismos patógenos, empleando hipoclorito de calcio.

El exceso de lodos generados en el tratamiento biológico son tratados en un reactor anaerobio y posterior deshidratación en eras de secado, proporcionando las características necesarias para su correcta eliminación al relleno sanitario o emplearlo como abono.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

- Mediante la caracterización y evaluación físico-química, biológica y microbiológica del agua residual de Productos Lácteos Pillaro se determinó que la mayoría de los parámetros se encuentran en niveles superiores a los permitidos de descarga por la normativa (Tabla 11 del TULAS) , tomando en cuenta aquellos de mayor trascendencia como son la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno como los sólidos suspendidos, presentando valores de 18100, 12200, 5422 mg/L respectivamente; además también debemos considerar parámetros como aceites y grasas, fosfatos, nitratos, cloruros, sólidos totales y sedimentables que se aprecian con niveles elevados.
- Considerando los resultados obtenidos, el diseño constará de un sistema de rejillas para la remoción de aquellos escombros de mayor tamaño, pasando a la siguiente etapa de floculación en la cual se añadirá un coagulante de base de aluminio para acelerar la sedimentación de aquellas partículas más pequeñas, seguidamente el agua pasará a un sedimentador primario para garantizar una mejor remoción, el siguiente proceso a aplicar es el sistema de lodos activados el cual constará de un sistema de aireación y un sedimentador secundario, finalmente se procederá a la etapa de digestión y secado de lodos para de esta manera certificar una correcta descarga de lodos los cuales podrían ser empelados como abono.

- Debido a que el caudal a tratar no posee grandes volúmenes los distintos tratamientos seleccionados no ocuparán grandes dimensiones, permitiendo de este modo aprovechar el espacio disponible para una posible construcción sin afectar a una potencial expansión de la industria como tal.
- Con el sistema propuesto se logrará una notable disminución de los parámetros fuera de la norma, el sistema de rejillas retendrá aquellos sólidos de mayor tamaño, el tratamiento de coagulación-floculación presenta porcentajes de remoción de 90% de aceites y grasas, 85 % de remoción en sólidos suspendidos y 70 % en DBO₅, DQO. El proceso de sedimentación eliminará en un 65 % los sólidos suspendidos y 40 % en DBO₅ y DQO. Finalmente mediante la aplicación del sistema de lodos activados en aireación extendida se presenta un porcentaje de remoción del 93 por ciento, por lo cual los parámetros como de DBO₅, DQO, sólidos suspendidos y aceites y grasas presenta valores finales 153.79 y 228.06 19.92 y 41.51 mg/L respectivamente cumpliendo de esta manera con los valores establecido por la normativa.
- Cabe recalcar que el consumo de agua por parte de Productos lácteos Pillaro no es elevado en comparación con valores estándares expuestos internacionalmente, debido a las buenas prácticas implementadas en la industria como son, reutilización del agua y aprovechamiento de gran parte de lactosuero generado.

4.2 Recomendaciones.

- Antes de una posible construcción es recomendable determinar costos y materiales a utilizarse.
- La planta fue diseñada considerando la carga contaminante más elevada en los días de muestreo, se recomienda en caso de una posible implantación de la planta se caracterice el agua residual nuevamente y de presentar valores mucho más elevados al presentado, es recomendable aumentar la aireación en el sistema de lodos activados, evitando la existencia de zonas muertas en el tanque de aireación. Además el agua nunca debe presentar color gris ni el lodo un color negro como tampoco olores desagradables, siempre debe mostrar características de color café chocolate e inodora.
- Es necesario realizar la prueba de jarras para el proceso de floculación para así determinar la dosificación exacta del coagulante en dicha etapa.
- Por su parte de acuerdo a varios estudios la cantidad a evacuar de lodo digerido por parte del digestor anaerobio es entre 0.2 y 0.3 m diarios, los cuales son redirigidos a la era para posterior deshidratación.

CAPÍTULO V.

Bibliografía

1. **CORONA H.**, Manual de aguas., 3a ed., México., Limusa S.A., 1976., Pp. 93-94.
2. **METCALF & EDDY.**, Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento Vertido y Reutilización., 3a ed., Madrid – España., McGraw – Hill Interamericana., 1995., Pp. 605 – 644.
3. **ROMERO J.**, Tratamiento de aguas residuales teoría y principios de diseño., 2a ed., Bogotá – Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería., 2002., Pp 787 – 799.
4. **COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.**, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico., Tratamiento De Aguas Residuales., Vol C., Bogotá - Colombia., 2000., Pp. 46 – 47.

5. **COLOMBIA., MINISTERIO DE DESARROLLO
ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO BÁSICO.,** Reglamento Técnico del Sector de
Agua Potable y Saneamiento Básico., Tratamiento De Aguas
Residuales., Vol E., Bogotá - Colombia., 2000., Pp. 50 – 51.

6. **ECUADOR., MINISTERIO DE AMBIENTE.,** Texto unificado de
legislación ambiental Anexo VI., Quito- Ecuador., 2003., Pp2- 15.

7. **ESCOTO, M.,** Validación del Sistema de Tratamiento Anóxico
Calizo de Aguas Residuales de una Planta Láctea., Agenda
Forestal Hondureña., Honduras., 2008., Pp 33.

8. **RODRÍGUEZ, I, URÍA, A y OTROS.,** Tratamiento de las aguas
residuales de un laboratorio de ensayos lácteos para su reuso en
el riesgo de zonas verdes recreativas. Fundación Dialnet., s.l.,
Vol. 63 N°. 523, 2006., Pp 20.

9. **SERRANO. J.,** Diseño Hidrosanitario, Sistema de Evacuacion y
Tratamiento de aguas Residuales de la Planta de Lácteos
(ECOLAC) y Cárnicos., Universidad Técnica Particular de
Loja., Escuela Ingeniería Civil., Loja., **TESIS.**, 2008., Pp 143.

10. **LECHE.**
<http://www.zonadiet.com/bebidas/leche.htm>
2012/10/15.

11. LECHE, YOGUR Y QUESO.

<http://www.fundaciondelcorazon.com/nutricion/alimentos/leche-yogur-y-queso.html>

2012/10/15.

12. ASPECTOS AMBIENTALES VINCULADOS CON LA INDUSTRIA LÁCTEA

<http://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/aspectos.pdf>

2012/10/15

13. MEJORES TÉCNICAS DE LA INDUSTRIA LÁCTEA.

<http://www.prtres.es/data/images/la%20industria%201%C3%A1lctea-3686e1a542dd936f.pdf>

2012/10/17

14. MEDICIONES DE CAUDAL.

<http://webcd.usal.es/web/edar/unidades/libros/RSRamalho/cap2/caphtm/cap2-08.htm>

20/10/17

RESUMEN.

Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria de Productos Lácteos “Pillaro” ubicada en el cantón Pillaro provincia de Tungurahua.

Mediante un balde graduado, cronómetro y aplicando el método de aforo se determinó el caudal descargado por parte de la industria durante 7 días, además se recolectó muestras de agua por 2 días empleando el método de muestreo compuesto, para ello se necesitó probetas, termómetros, tiras indicadoras de pH, envases de plástico, envases estériles y ámbar oscuro, éstas muestras fueron preservadas en coolers con hielos e inmediatamente trasladadas al laboratorio. En el diseño de la planta se empleó el método deductivo en base a la caracterización del agua, el cual estuvo a cargo del laboratorio LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Los resultados más elevados obtenidos de la caracterización físico-química, biológica y microbiológica de agua presentaron los siguiente valores; 12200 mg/L en DBO₅, DQO 18100 mg/L, sólidos suspendidos 5422 mg/L, pH entre 3.98-5.39, aceites y grasas 415.1mg/L, cloruros 950 mg/L, sólidos totales 8432 mg/L; comprobando que estos parámetros se encuentran en niveles superiores a los permitidos por el Texto Unificado de Legislación Ambiental.

Evaluada dichos parámetros se permitieron determinar los componentes necesarios para un sistema de tratamiento de aguas residuales de Productos Lácteos Pillaro, el cual constará de: rejillas para eliminación de sólidos de mayor tamaño, un tanque de floculación en el cual presenta porcentajes de remoción de 90% de aceites y grasas, 85% en sólidos suspendidos y 70 % en DBO₅, DQO, para su rápida decantación en el

sedimentador primario el cual eliminará el 60% de SS y 40% DBO₅ y DQO. Mediante la aplicación del sistema de lodos activados en aireación extendida se presenta un porcentaje de remoción del 93%, finalmente dispondrá de un taque de cloración para la eliminación de coliformes.

Concluyendo de éste modo con valores finales de 153.79 mg/L de DBO₅, 228.06 mg/L DQO, 19.92mg/L sólidos suspendidos y 41.51 mg/L aceites y grasas cumpliendo de esta manera con los valores establecido por la ley.

Recomendándose limpiar frecuentemente el sistema de rejillas para evitar obstrucciones en el canal, también es factible usar un coagulante de base de aluminio, en cuanto al sistema de lodos activados se debe evitar zonas muertas en el tanque de aireación al igual que el agua debe presentar un color café chocolate y sin olor para evitar un mal funcionamiento del proceso.

SUMMARY.

Plant Design of the residual water processing of Dairy Products Industry "Pillaro" located in Pillaro canton, Tungurahua province.

By means of a graduate bucket, chronometer and applying the capacity method, the discharged volume of flow was determined by the industry during 7 days, besides water samples were collected for two days employing the composed sampling method, so it was necessary to use test tubes, thermometer, strips which indicate pH, plastics containers, sterile containers and dark amber; these samples were preserved in coolers with ice and immediately transferred to the laboratory. In the plant design, the deductive method was employed, in base to the water characterization, which was accomplished by the LAB-CESTTA from the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

The highest results obtained from the biological, physical-chemical and microbiologic water characterization presented the following values; 12200 mg/L in DBO₅, DQO 18100mg/L, suspended solid 5422mg/L, pH among 3.98-5.39, oils and greases 415.1mg/L, chlorides 950mg/L, total solids 8432mg/L; verifying that these parameters are in superior permitted levels by the Unified Text of Environmental Legislation.

After the parameters were evaluated, it was possible to determine the necessary components for a residual water processing system of Dairy Products "Pillaro", which will be comprised of: grids for solids elimination of greater size, a flocculation tank, which presents removal percentages of 90% of oils and greases, 85% in suspended solids and 70% in DBO₅, DQO, for its fast decanting in the primary sediment which will eliminate the 60% of SS and 40% DBO₅ and DQO. By means of the activated mud

system application in extended ventilation, a percentage of removal is presented of 93%, finally it will have a chlorination tank for the coliformes elimination.

Concluding with final values of 153.79mg/L of DBO₅, 228.06mg/L DQO, 19.92mg/L suspended solid and 41.51 mg/L oils and greases, fulfilling in this way with the established values by the law. It is recommended to often clean the grids system to avoid obstructions in the channel, is also feasible to use a coagulant of aluminum base, as for the activated mud system, it is necessary to avoid dead zones in the ventilation tank and the water should present a brown chocolate color and without smell to avoid a bad operation of the system.

ANEXOS.

ANEXOS.

Anexo A. Cálculo del caudal monitoreado.

Tabla XXXVV. Cálculo de caudal del día lunes.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:05	10	21,02	0,47574
8:15	10	35,99	0,27785
8:25	9,5	15,62	0,60819
8:35	9,5	12,63	0,75218
8:45	10	15,69	0,63735
8:55	10	44,41	0,22517
9:05	9,5	10,36	0,91699
9:15	4,5	13,87	0,32444
9:25	7,5	11,47	0,65388
9:35	8	26,97	0,29663
9:45	7	41,69	0,16791
9:55	7	20,43	0,34263
10:05	8,5	22,53	0,37727
10:15	7,5	17,12	0,43808
10:25	7,5	21,91	0,34231
10:35	7	64,56	0,10843
10:45	6	47,82	0,12547
10:55	8	40,15	0,19925
11:05	7	53,4	0,13109
11:15	9	11,31	0,79576
11:25	8,5	21,47	0,39590
11:35	8,5	17,53	0,48488
11:45	9	40,31	0,22327
11:55	8	34,62	0,23108
12:05	9,5	21,28	0,44643
12:15	9	17,57	0,51224
12:25	9,5	23,4	0,40598
12:35	9	32,1	0,28037
12:45	9	27,99	0,32154
12:55	8	39,47	0,20269
13:05	8	49,91	0,16029
13:15	9	84,28	0,10679
13:25	9	52,97	0,16991
13:35	9	13,31	0,67618
13:45	9,5	11,15	0,85202

13:55	9,5	24,34	0,39030
14:05	9,5	27,47	0,34583
14:15	9	31,09	0,28948
14:25	9,5	21,16	0,44896
14:35	9	23,93	0,37610
14:45	9	18,38	0,48966
14:55	9	34,09	0,26401
15:05	8,5	35,47	0,23964
15:15	9	36	0,25000
15:25	9	34,97	0,25736
15:35	10	16,35	0,61162
15:45	10	4,35	2,29885
15:55	10	11,32	0,88339
16:05	10	36,37	0,27495
16:15	10	9,78	1,02249
16:25	10	4,84	2,06612
16:35	10	9,97	1,00301
16:45	10	32,83	0,30460
16:55	9,5	44,21	0,21488
17:05	10	50,94	0,19631
Total			25,89377
Promedio			0,47080

Figura 19. Variación horaria del caudal del día lunes.

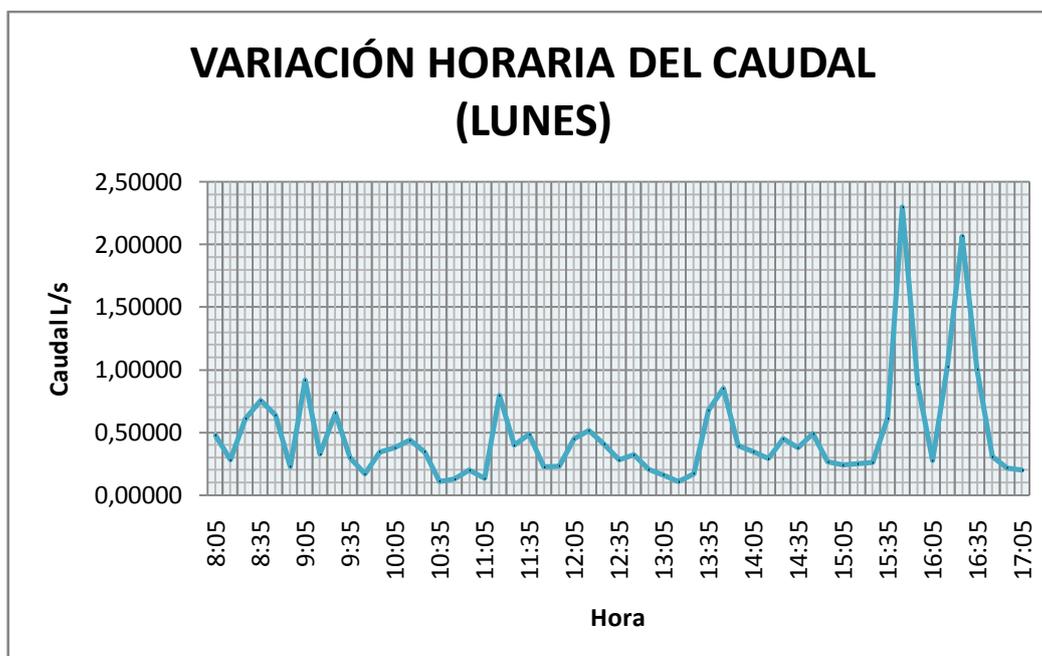


Tabla XXXVI. Cálculo de caudal del día martes.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:00	9	38,56	0,23340
8:10	8,5	31,21	0,27235
8:20	9	29,94	0,30060
8:30	9	33,91	0,26541
8:40	9,5	11,59	0,81967
8:50	9	48,37	0,18607
9:00	9	9,06	0,99338
9:10	8,5	70,97	0,11977
9:20	9	6,5	1,38462
9:30	9,5	5,81	1,63511
9:40	9,5	21,72	0,43738
9:50	9,5	6,31	1,50555
10:00	9,5	7,68	1,23698
10:10	9,5	20,81	0,45651
10:20	9	28,75	0,31304
10:30	9,5	15,31	0,62051
10:40	9,5	24,41	0,38918
10:50	9,5	14,88	0,63844
11:00	9,5	21,53	0,44124
11:10	9	43,97	0,20469
11:20	10	12	0,83333
11:30	9	21	0,42857
11:40	9,5	17	0,55882
11:50	9,5	29,85	0,31826
12:00	9,5	52,16	0,18213
12:10	9,5	24,59	0,38634
12:20	9,5	17,28	0,54977
12:30	10	13,54	0,73855
12:40	9,5	14,59	0,65113
12:50	10	30,56	0,32723
13:00	10	4,59	2,17865
13:10	9	16,69	0,53925
13:20	9,5	23,89	0,39766
13:30	10	17,78	0,56243
13:40	10	17,23	0,58038
13:50	9	24,27	0,37083
14:00	9,5	30,05	0,31614
14:10	10	9,62	1,03950
14:20	10	6,94	1,44092

14:30	10	7,85	1,27389
14:40	10	6,54	1,52905
14:50	10	19,72	0,50710
15:00	10	6,06	1,65017
15:10	10	6,47	1,54560
15:20	10	6,94	1,44092
15:30	10	48	0,20833
15:40	10	41,5	0,24096
15:50	10	39,72	0,25176
16:00	10	41,13	0,24313
16:10	10	29,3	0,34130
16:20	10	15,66	0,63857
16:30	10	55,31	0,18080
16:40	10	49,66	0,20137
16:50	9,5	61,02	0,15569
17:00	10	73,1	0,13680
Total			35,39922
Promedio			0,64362

Figura 20. Variación horaria del caudal del día martes.

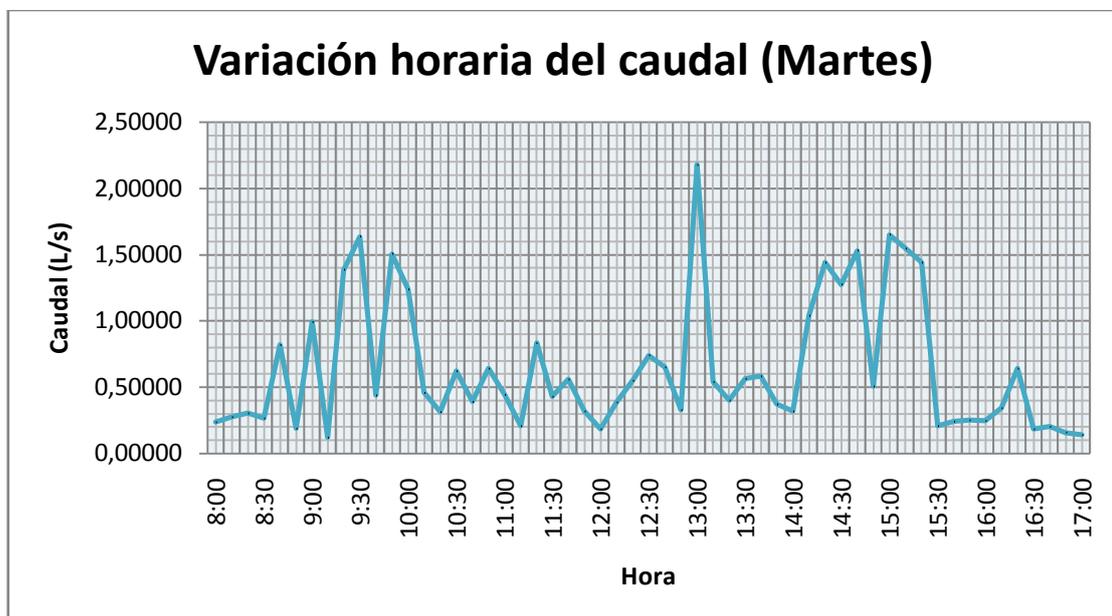


Tabla XXXVII. Cálculo de caudal del día miércoles.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:00	9	37,81	0,23803
8:10	10	17,22	0,58072
8:20	10	15,62	0,64020
8:30	10	6,85	1,45985
8:40	9,5	9,5	1,00000
8:50	9,5	41,44	0,22925
9:00	9,5	32,25	0,29457
9:10	9,5	25,53	0,37211
9:20	10	43,81	0,22826
9:30	10	21,78	0,45914
9:40	10	6,94	1,44092
9:50	10	6,47	1,54560
10:00	10	7,84	1,27551
10:10	10	31,78	0,31466
10:20	9	55,07	0,16343
10:30	9,5	35,09	0,27073
10:40	9,5	32,75	0,29008
10:50	9,5	36,66	0,25914
11:00	9,5	57,15	0,16623
11:10	9	12,13	0,74196
11:20	10	23,56	0,42445
11:30	10	25,1	0,39841
11:40	10	34,6	0,28902
11:50	9	35,82	0,25126
12:00	10	46,44	0,21533
12:10	9,5	19,03	0,49921
12:20	10	12,35	0,80972
12:30	10	6,25	1,60000
12:40	9,5	18,47	0,51435
12:50	10	9,62	1,03950
13:00	10	6,73	1,48588
13:10	9	15,25	0,59016
13:20	9	27,93	0,32223
13:30	8,5	15,38	0,55267
13:40	10	11,47	0,87184
13:50	10	4,88	2,04918
14:00	9	11,75	0,76596
14:10	10	7,09	1,41044
14:20	10	27,98	0,35740

14:30	10	27,88	0,35868
14:40	10	24,88	0,40193
14:50	10	29,9	0,33445
15:00	10	22,38	0,44683
15:10	10	25,37	0,39417
15:20	10	5,43	1,84162
15:30	10	37,13	0,26932
15:40	10	43,56	0,22957
15:50	9,5	39,13	0,24278
16:00	10	39,97	0,25019
16:10	10	21,03	0,47551
16:20	9	48,77	0,18454
16:30	10	29,6	0,33784
16:40	10	17,08	0,58548
16:50	9,5	33,17	0,286403
17:00	10	59,95	0,16681
Total			33,22350
Promedio			0,60406

Figura 21. Variación horaria del caudal del día miércoles.

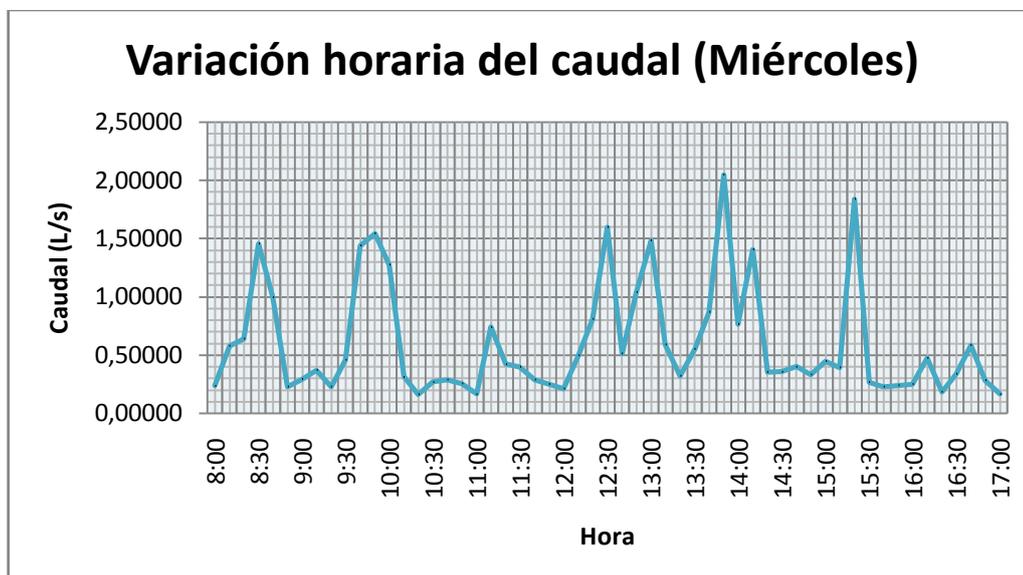


Tabla XXXVIII. Cálculo de caudal del día jueves.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:00	10	39,03	0,25621
8:10	9	61,82	0,14558
8:20	9	111,97	0,08038
8:30	9,5	29,22	0,32512
8:40	10	26,38	0,37908
8:50	10	21,84	0,45788
9:00	10	16,3	0,61350
9:10	10	12,94	0,77280
9:20	10	19,12	0,52301
9:30	10	5,19	1,92678
9:40	10	41,94	0,23844
9:50	10	16,9	0,59172
10:00	9,5	16,09	0,59043
10:10	10	21,47	0,46577
10:20	10	24	0,41667
10:30	10	17,97	0,55648
10:40	10	6,34	1,57729
10:50	10	16,06	0,62267
11:00	10	15,98	0,62578
11:10	10	35,22	0,28393
11:20	10	14,5	0,68966
11:30	10	6,9	1,44928
11:40	10	24,44	0,40917
11:50	9,5	28,78	0,33009
12:00	10	17,34	0,57670
12:10	10	29	0,34483
12:20	10	21,37	0,46795
12:30	10	20,82	0,48031
12:40	10	17,35	0,57637
12:50	10	17,06	0,58617
13:00	10	14,59	0,68540
13:10	10	18,91	0,52882
13:20	9,5	27,36	0,34722
13:30	10	36,01	0,27770
13:40	9	28,78	0,31272
13:50	9	37,78	0,23822
14:00	9,5	36,44	0,26070
14:10	10	15,15	0,66007
14:20	10	6,35	1,57480

14:30	10	9,72	1,02881
14:40	9	19,87	0,45294
14:50	10	4,28	2,33645
15:00	10	5,97	1,67504
15:10	9	18,54	0,48544
15:20	10	23,01	0,43459
15:30	10	17,98	0,55617
15:40	3	65,65	0,04570
15:50	9	27,37	0,32883
16:00	9,5	31,09	0,30556
16:10	10	11,72	0,85324
16:20	8	69,34	0,11537
16:30	8	67,84	0,11792
16:40	8	67,09	0,11924
16:50	8,5	77,01	0,11038
17:00	8	110,29	0,07254
Total			31,28388
Promedio			0,56880

Figura 22. Variación horaria del caudal del día jueves.

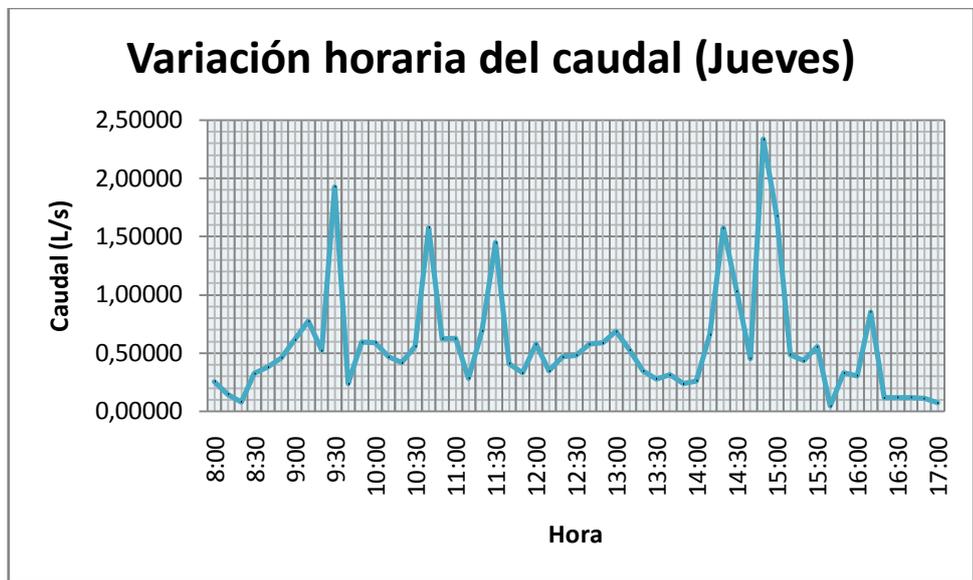


Tabla XXXIX. Cálculo de caudal del día viernes.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:00	8,5	91,69	0,09270
8:10	7,5	58,94	0,12725
8:20	8	64,62	0,12380
8:30	8,5	121	0,07025
8:40	8,5	96,5	0,08808
8:50	10	28,16	0,35511
9:00	8,5	33,47	0,25396
9:10	10	10,53	0,94967
9:20	10	10,68	0,93633
9:30	9	24,16	0,37252
9:40	10	53,81	0,18584
9:50	10	28,93	0,34566
10:00	10	32,72	0,30562
10:10	10	26,22	0,38139
10:20	10	8,28	1,20773
10:30	10	21,03	0,47551
10:40	10	14,06	0,71124
10:50	10	16,59	0,60277
11:00	10	12	0,83333
11:10	10	29,78	0,33580
11:20	10	20,46	0,48876
11:30	10	34,06	0,29360
11:40	10	15,85	0,63091
11:50	10	40,31	0,24808
12:00	10	25,35	0,39448
12:10	10	8,22	1,21655
12:20	10	24,28	0,41186
12:30	10	8,25	1,21212
12:40	10	18,69	0,53505
12:50	9,5	24,25	0,39175
13:00	10	3,97	2,51889
13:10	9,5	9,27	1,02481
13:20	9,5	13,06	0,72741
13:30	10	4,48	2,23214
13:40	10	4	2,50000
13:50	10	9,41	1,06270
14:00	8,5	36,26	0,23442
14:10	8,5	42,31	0,20090
14:20	9,5	25,46	0,37313

14:30	10	13,06	0,76570
14:40	9,5	11,09	0,85663
14:50	9,5	39,34	0,24148
15:00	10	23,54	0,42481
15:10	9,5	34,5	0,27536
15:20	9,5	21,08	0,45066
15:30	9	15,97	0,56356
15:40	10	55,01	0,18179
15:50	10	33,67	0,29700
16:00	9,5	29,81	0,31869
16:10	10	19,93	0,50176
16:20	10	48,08	0,20799
16:30	9,5	39,16	0,24259
16:40	10	55,89	0,17892
16:50	8,5	65,97	0,12885
17:00	9	110,29	0,08160
Total			31,16950
Promedio			0,56672

Figura 23. Variación horaria del caudal del día viernes.

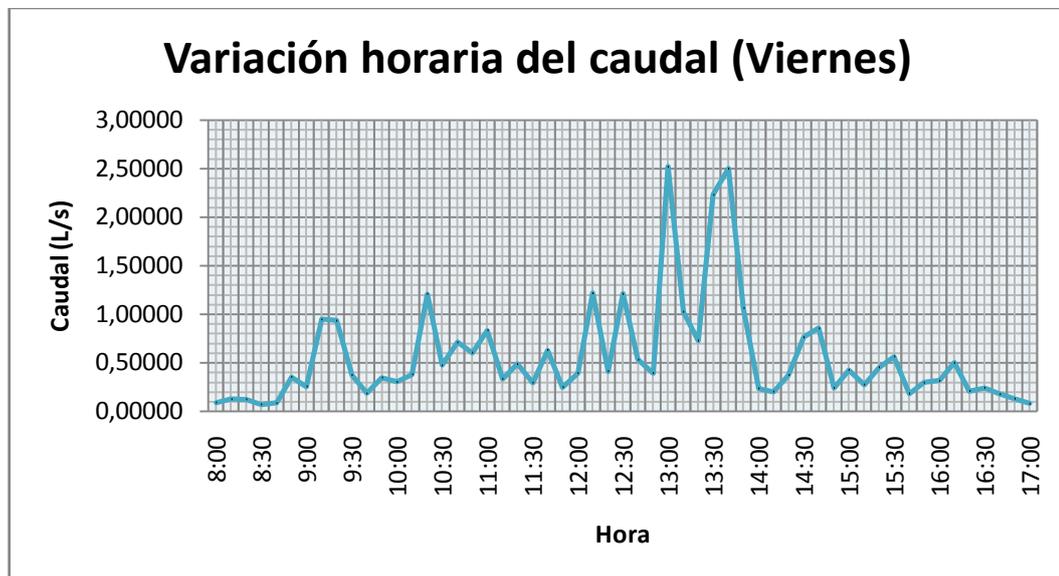


Tabla XL. Cálculo de caudal del día sábado.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
9:00	9	67,55	0,13323
9:10	8,5	61,98	0,13714
9:20	8	59,86	0,13365
9:30	8,5	65,47	0,12983
9:40	9	41,03	0,21935
9:50	9	41,75	0,21557
10:00	10	42,15	0,23725
10:10	9,5	23,22	0,40913
10:20	9	10,68	0,84270
10:30	9,5	14,91	0,63716
10:40	9	25,21	0,35700
10:50	9	24,4	0,36885
11:00	9	25,75	0,34951
11:10	9,5	21,41	0,44372
11:20	9,5	27,06	0,35107
11:30	9	53,37	0,16863
11:40	9	22,69	0,39665
11:50	9,5	28,69	0,68940
12:00	9,5	13,78	0,72574
12:10	10	13,09	0,54437
12:20	10	18,37	1,36240
12:30	10	7,34	1,11235
12:40	10	8,99	0,42194
12:50	9	23,7	0,17298
13:00	8	52,03	0,12907
13:10	8	61,98	0,13800
13:20	8	57,97	1,40598
13:30	10	5,69	2,17865
13:40	10	4,59	0,22207
13:50	9	45,03	0,19987
14:00	9	59,49	0,15129
Total			14,98455
Promedio			0,48337

Figura 24. Variación horaria del caudal del día sábado.

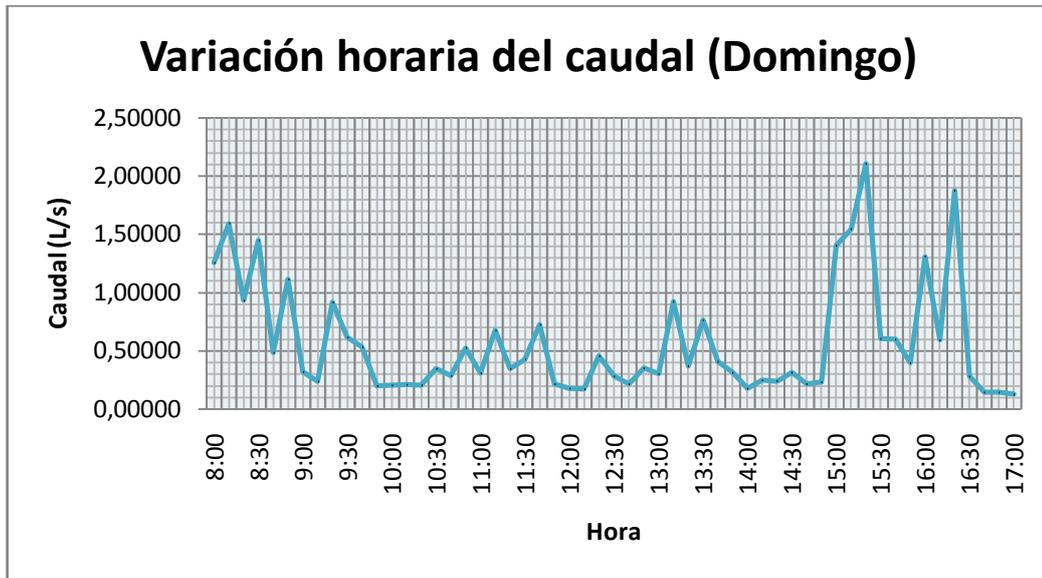


Tabla XLI. Cálculo de caudal del día domingo.

Hora	Volumen (L)	Tiempo (s)	Caudal (L/s)
8:00	10	7,96	1,25628
8:10	10	6,28	1,59236
8:20	10	10,72	0,93284
8:30	10	6,9	1,44928
8:40	10	20,62	0,48497
8:50	10	8,996	1,11161
9:00	9,5	29,72	0,31965
9:10	9,5	39,97	0,23768
9:20	10	10,9	0,91743
9:30	9,5	15,5	0,61290
9:40	10	18,84	0,53079
9:50	9	46,13	0,19510
10:00	9	44,03	0,20441
10:10	9	43,19	0,20838
10:20	9,5	47,06	0,20187
10:30	9,5	27,34	0,34748
10:40	9,5	33,41	0,28435
10:50	10	19,1	0,52356
11:00	8,5	27,54	0,30864
11:10	10	14,85	0,67340
11:20	10	28,96	0,34530

11:30	10	23,53	0,42499
11:40	10	13,78	0,72569
11:50	9	41,87	0,21495
12:00	9	50,87	0,17692
12:10	9,5	56,44	0,16832
12:20	9	19,81	0,45432
12:30	9	32,12	0,28020
12:40	9	42,46	0,21196
12:50	8,5	24,28	0,35008
13:00	9	30,03	0,29970
13:10	10	10,88	0,91912
13:20	9	24,37	0,36931
13:30	9,5	12,47	0,76183
13:40	9,5	23,54	0,40357
13:50	9,5	30,53	0,31117
14:00	9,5	53,63	0,17714
14:10	8,5	34,72	0,24482
14:20	9	37,72	0,23860
14:30	9	28,69	0,31370
14:40	8,5	40,16	0,21165
14:50	8,5	37,09	0,22917
15:00	10	7,12	1,40449
15:10	10	6,48	1,54321
15:20	10	4,75	2,10526
15:30	9,5	15,81	0,60089
15:40	9,5	15,93	0,59636
15:50	10	25,31	0,39510
16:00	10	7,65	1,30719
16:10	10	16,88	0,59242
16:20	10	5,34	1,87266
16:30	10	35,56	0,28121
16:40	9	64,09	0,14043
16:50	10	70,1	0,14265
17:00	10	79,01	0,12657
Total			31,33390
Promedio			0,56971

Figura 25. Variación horaria del caudal del día domingo.



Anexo B. Fotografía medición de caudales.



Anexo C. Fotografía medición de la temperatura.



Anexo D. Fotografía de materiales y envases requeridos.



Anexo D. Medición planimetría y altimetría.



Anexo E. Resultados de análisis físico-químicos, biológicos y microbiológicos del agua residual.

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No: 1182
ST: 12 – 0554 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Planta Lácteos Pillaro
Atn. Egda. Daniela Llanos
Dirección: Ambato, Calle Rocafuerte (Pillaro)

FECHA: 28 de Septiembre del 2012
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 09/ 20 - 16:00
FECHA DE MUESTREO: 2012 / 09 20 - 8:00 – 15:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 09/ 20 - 2012 / 09/28
TIPO DE MUESTRA: Agua descarga
CÓDIGO LABCESTTA: LAB- A 1690-12
CÓDIGO DE LA EMPRESA: P1
PUNTO DE MUESTREO: Tubería al final de proceso, antes de unirse al alcantarillado.
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Egda. Daniela Llanos
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANALISIS: T máx.: 25,0 °C. Tmin: 15,0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	308,4	100	± 1%
Potencial de Hidrogeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺	Unidades de pH	5,84	5 - 9	± 0,10%
*DBO5	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	6800	250	± 15%
DQO	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	9812	500	± 3%
*Coliformes totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100 ml	600000	-	-
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100 ml	6400	-	±20%
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B	µS/ cm	1894	-	± 13%
*Sólidos Volátiles	APHA2540G	mg/L	656	-	-
*Nitrato	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ ⁻ A	mg/L	28,15	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
 Edición 1

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	6448	1 600	±3%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	30	20	-
Sólidos Disueltos	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	996	-	± 11%
Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500-Cl	mg/L	510	-	± 2%
*Alcalinidad	PEE/LABCESTTA/41 APHA 2320	mg/L	< 10	-	-
*Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 APHA 4500-P B5/ APHA 4500-PC	mg/L	242,66	15	± 15%
*Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	250	-	-

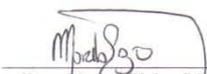
OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con Límites de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla 11 del Tulas.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

INFORME DE ENSAYO No: 1196
ST: 12 – 0568 ANÁLISIS DE AGUAS

Nombre Peticionario: Planta Lácteos Pillaro
Atn. Egda. Daniela Llanos
Dirección: Ambato, Calle Rocafuerte (Pillaro)

FECHA: 29 de Septiembre del 2012

NUMERO DE MUESTRAS: 1

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2012 / 09/ 21 - 16:08

FECHA DE MUESTREO: 2012 / 09/ 21 - 8:00 – 15:00

FECHA DE ANÁLISIS: 2012 / 09/ 21 - 2012 / 09/29

TIPO DE MUESTRA: Agua Residual

CÓDIGO LABCESTTA: LAB- A 1708-12

CÓDIGO DE LA EMPRESA: P2

PUNTO DE MUESTREO: Tubería de descarga al final de proceso

ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico

PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Egda. Daniela Llanos

CONDICIONES AMBIENTALES DE ANALISIS: T máx.: 25,0 °C. Tmin: 15,0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Aceites y Grasas	PEE/LABCESTTA/42 APHA 5520 B	mg/L	415,1	100	± 1%
Potencial de Hidrogeno	PEE/LABCESTTA/05 APHA 4500- H ⁺	Unidades de pH	5,39	5 - 9	± 0,10%
*DBO5	PEE/LABCESTTA/46 APHA 5210 B	mg/L	12200	250	± 15%
DQO	PEE/LABCESTTA/09 APHA 5220 D	mg/L	18100	500	± 3%
*Coliformes totales	PEE/LABCESTTA/47 APHA 9222 B	UFC/100 ml	820000	-	±20%
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 APHA, 9222 D y 9221	UFC/100 ml	58000	-	±20%
Conductividad Eléctrica	PEE/LABCESTTA/06 APHA 2510 B	µS/ cm	3540	-	± 5%
*Sólidos Volátiles	APHA2540G	mg/L	296	-	-
*Nitrato	PEE/LABCESTTA/16 APHA 4500-NO ₃ ⁻ A	mg/L	46,75	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-14

Página 1 de 2
Edición 1

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE</p> <p align="center">ACREDITACIÓN Nº OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 APHA 2540 B	mg/L	5332	1 600	±3%
*Sólidos Sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 APHA 2540 F	ml/L	12	20	-
Sólidos Disueltos Totales	PEE/LABCESTTA/11 APHA 2540 C	mg/L	1820	-	± 11%
Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 APHA 4500-Cl ⁻	mg/L	950	-	± 2%
*Alcalinidad	PEE/LABCESTTA/41 APHA 2320	mg/L	< 10	-	-
*Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 APHA 4500-P B5/ APHA 4500-PC	mg/L	317,99	15	± 15%
*Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	NTU	1730	-	-

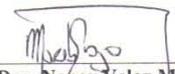
OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Muestra receptada en el laboratorio.
- Resultados comparados con Límites de descarga al sistema de alcantarillado público Tabla 11 del Tulas.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH


Dra. Nancy Veloz M.
JEFE DE LABORATORIO

Anexo F. Planos de la Planta de tratamiento de aguas residuales.

Vista planta.

