



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA USO EN LA PLANTA DE
LÁCTEOS TUNSHI – ESPOCH”**

Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

➤ **Diego Alexander Cáceres Ortiz**

Riobamba – Ecuador

2013

AGRADECIMIENTO.

Mi debido agradecimiento, especial, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, por haberme dado los conocimientos, científicos, técnicos, éticos, y una educación de calidad.

A la Facultad de Ciencias donde encontré amistad y vive gratas experiencias, tanto en lo personal como de estudiante.

Mi eterno agradecimiento a mis padres por haberme dado la vida y apoyarme siempre, también a todas las personas que una u otra forma colaboraron para la realización de esta investigación, especialmente al Ing. César Avalos Director de tesis. Dr. Gerardo León en calidad de Asesor de Tesis.

A la Planta de Lácteos de la Estación Experimental de TUNSHI - ESPOCH, por brindarme todas las facilidades y la confianza de realizar este proyecto, tan importante para disponer de agua potable para la planta.

DEDICATORIA.

A mi Dios y A mis Padres:

“Gracias infinitas Señor por ser una fuente de entendimiento de paz, de amor incondicional, por permitirme culminar con las metas planteadas y tener una profesión”.

Por lo tanto dedico a toda mi familia por el apoyo y pese a los momentos difíciles que hemos pasado siempre han estado ahí a mi lado para darme la fuerza de salir de los problemas. A mis padres: Nelson C. y Nancy O. Por ser los pilares fundamentales de mi vida por sus consejos y gran comprensión .De igual forma para mis hermanos que han sido una motivación para cumplir una etapa más de mi vida.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Dr. Silvio Alvarez L.

.....

.....

DECANA FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés A.

.....

.....

DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA

Ing. Cesar Avalos I.

.....

.....

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Gerardo León Ch.

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Tec. Carlos Rodríguez

.....

.....

DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN

HOJA DE RESPONSABILIDAD.

“Yo, **DIEGO A. CÁCERES**
ORTIZ soy responsable de las ideas
expuestas y propuestas en el presente trabajo
de investigación y en patrimonio intelectual
de la Memoria de Grado pertenece a
la **ESCUELA SUPERIOR**
POLITECNICA DE
CHIMBORAZO”

Diego Cáceres

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
Al	Área de la sección transversal del flujo
An	Ancho
As	Área superficial
At	Área de la sección transversal del sedimentador
b	Base
Cl	Cloruros
h1	Altura del canal hasta el nivel de agua
Lg	Largo del sedimentador
Vc	Velocidad terminal
CD	Coefficiente de resistencia al avance de las paletas
Cs	Carga superficial
dmax	Nivel máximo de agua
ϕ	Diámetro
C	Grados centígrados
CEPL	Centro Ecuatoriano de Producción más Limpia
cm	Centímetros
CPTS	Centro de Promociones de Tecnologías Sostenibles
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
h	Altura
Km	Kilómetro
m	Metros
°Bé	Grados de Baumé
Ph	Potencial de hidrógeno
R	Porcentaje de remoción esperado

SS	Sólidos Suspendidos
SST	Sólidos Suspendidos Totales
T	Temperatura
Tn	Toneladas
Trh	Tiempo de retención hidráulico
TULAS	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario
V	Volumen
β	Factor dependiente de la forma de la barra
E	Eficiencia
G	Gradiente medio de velocidad
P	Potencia necesaria
Q	Caudal
R	Radio hidráulico
S	Concentración de DBO en el efluente
S0	Concentración de DBO en el afluente
g	Gravedad
n	Coefficiente de Manning
p	Presión
v	Velocidad
μ	Viscosidad dinámica
π	Pi
ρ	Densidad del fluido
%	Porcentaje

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	I
SUMMARY	III
INTRODUCCIÓN.....	V
ANTECEDENTES	VII
JUSTIFICACIÓN	IX
OBJETIVOS.....	XI

Capítulo 1

1 MARCO TEÓRICO.....	2
1.1 EL AGUA	2
1.1.1 ESTADO NATURAL.....	3
1.1.2 EL AGUA EN LA VIDA.....	4
1.1.3 AGUA POTABLE.....	4
1.1.4 TIPOS DE AGUA	5
1.1.5 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA	6
1.1.6 EL AGUA EN LA SOCIEDAD.....	6
1.1.7 EL AGUA DULCE EN LA NATURALEZA.....	7
1.1.8 DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA TIERRA	8
1.1.9 FUENTES DE AGUA	10
1.1.10 ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS	10
1.1.11 ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL	11
1.2 EL USO DEL AGUA	11
1.2.1 EL USO DOMÉSTICO DEL AGUA.....	11
1.2.2 El agua en la agricultura.....	13

1.2.3	El uso del agua en la industria.....	14
1.2.4	EL AGUA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA	16
1.3	CALIDAD DE AGUA.....	16
1.3.1	CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	20
1.4	LEGISLACION AMBIENTAL RELEVANTE.....	23
1.4.1	Constitución de la República del Ecuador	23
1.4.2	Derechos De La Naturaleza.....	24
1.4.3	NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108 (AGUA POTABLE) 25	
1.5	INFORMACIÓN GENERAL DEL SECTOR DE TUNSHI.....	28
1.5.1	LOCALIZACIÓN.....	28
1.5.2	LIMITES	28
1.5.3	CLIMATOLOGIA DE LA ZONA	29
1.5.4	DATOS Complementarios	29
1.6	CONCEPTO DE DISEÑO.....	30
1.6.1	POTABILIZACIÓN	30
1.6.2	PROCESO DE POTABILIZACION GENERAL.....	31
1.7	PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA DE LACTEOS	33
1.8	DISEÑO	42
1.8.1	CAUDAL	42
1.8.2	COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN:	46
1.8.3	SEDIMENTADOR:.....	49
1.8.4	FILTROS DE ACCIÓN LENTA:	56
1.8.5	DESINFECCIÓN:	58

Capítulo 2

2	PARTE EXPERIMENTAL	61
2.1	Localización	61
2.2	Tipo de muestreo	61
2.2.1	Metodología de trabajo	62
2.2.2	Caracterización Del Agua de Alimentación.....	63
2.3	MÉTODOS Y TÉCNICAS	63
2.3.1	MÉTODOS.....	63
2.3.2	TÉCNICAS	65
2.3.3	Pruebas de Laboratorio	65
2.4	DATOS EXPERIMENTALES	74
2.4.1	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH	74
2.4.2	DATOS:	79
2.5	DATOS ADICIONALES:.....	83
2.5.1	SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO:.....	83
2.5.2	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO.....	84

Capítulo 3

3	DISEÑO.....	86
3.1	CÁLCULOS DE INGENIERÍA.....	86
3.1.1	Cálculo del caudal.....	86
3.1.2	CÁLCULOS DEL AFORADOR	90
3.1.3	CÁLCULOS DEL HOMOGENIZADOR.	91
3.1.4	CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE SEDIMENTADOR:...	95
3.1.5	CÁLCULO DEL FILTRO DE SEDIMENTOS.....	98
3.2	.-DOSIFICACIÓN IDEAL DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Ca (OH) ₂).....	101

3.3	.-DOSIFICACIÓN IDEAL DEL CLORURO FÉRRICO (FeCl ₃)	103
3.4	Evaluación del tratamiento con cloruro férrico (FeCl ₃) e Hidróxido de Calcio(Ca (OH) ₂).....	104
3.4.1	DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE Y APLICADOS AL DISEÑO.....	105
3.5	BALANCE DE MATERIA DEL SEDIMENTADOR.....	106
3.6	RESULTADOS.....	107
3.6.1	.- CAUDAL.....	107
3.6.2	.-AFORADOR.....	107
3.6.3	.-HOMOGENIZADOR.....	108
3.6.4	.- SEDIMENTADOR.....	109
3.6.5	.- FILTRO.....	110
3.6.6	.- DOSIFICACIÓN IDEAL DEL CLORURO FÉRRICO E HIDRÓXIDO DE CALCIO Ca (OH) ₂	111
3.6.7	RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA	112
3.7	PROPUESTA	113
3.8	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	116

Capítulo 4

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
4.1	CONCLUSIONES.....	120
4.2	RECOMENDACIONES:.....	122
	BIBLIOGRAFIA.	124
	INTERNET	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Distribución del Agua	9
Tabla 1-2 Consumo aproximado de agua por persona/día	12
Tabla 1-3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	18
Tabla 1-4 PARAMETROS DE CONTROL EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL USO EN LA PLANTA	27
Tabla 1-5 CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA	29
Tabla 1-6 Factores de corrección para el cálculo del caudal.....	43
Tabla 1-7 Características de algunos reactivos coagulantes	47
Tabla 1-8 Información típica para el diseño de sedimentación primaria	50
Tabla 2-1 FRECUENCIA Y NÚMERO DE MUESTRAS	61
Tabla 2-2 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	62
Tabla 2-3 DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS	64
Tabla 2-4 Determinación de Aceites y Grasas	66
Tabla 2-5 Determinación del pH	67
Tabla 2-6 Determinación de la DBO	68
Tabla 2-7 Determinación de Sólido Suspendido	69
Tabla 2-8 Determinación de Coliforme Fecal.....	70
Tabla 2-9 Determinación de Sólidos Disueltos	71
Tabla 2-10 Determinación de la DQO	72
Tabla 2-11 Determinación de la contaminación microbiológica.....	73
Tabla 2-12 ENSAYOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL.....	80
Tabla 2-13 ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL AGUA EN SU ORIGEN.....	81
Tabla 2-14 ANÁLISIS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA EN SU ORIGEN.....	82
Tabla 3-1 Parametros de diseño.....	86

Tabla 3-2 Caudales utilizados en la planta de lácteos.....	89
Tabla 3-3 Dosificación de Hidróxido de Calcio	101
Tabla 3-4 Diferentes dosificaciones del cloruro férrico FeCl ₃ 43% Prueba II	103
Tabla 3-5 Evaluación del tratamiento	104
Tabla 3-6 Datos experimentales del tratamiento	105
Tabla 3-7 Caudales del proceso sumado el Factor de Mayo ración	107
Tabla 3-8 Resultados obtenidos para el diseño del Aforador.....	107
Tabla 3-9 Resultados obtenidos para el diseño del tanque homogeneizador	108
Tabla 3-10 Resultados obtenidos para el diseño del tanque sedimentador	109
Tabla 3-11 Resultados obtenidos para el diseño del filtro	110
Tabla 3-12 Evaluación del tratamiento	111
Tabla 3-13 RESULTADOS DEL AGUA TRATADA.....	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Estructura del agua	2
Figura 1-2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA.....	9
Figura 1-3 POTABILIZACIÓN	30
Figura 1-4 TRATAMIENTO DEL AGUA	33
Figura 1-5 Floculador.....	37
Figura 1-6 Filtro.....	40
Figura 1-7 Filtro de dos etapas	56
Figura 1-8 DISPOSITIVO DE DESINFECCIÓN.....	59
Figura 2-1 Aforo del agua por el método de velocidad Área	79
Figura 2-2 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 CAUDAL UTILIZADO EN LA PLANTA	89
Gráfico 3-2 DOSIFICACIÓN ÓPTIMA.....	102
Gráfico 3-3 Dosificación óptima de cloruro férrico (prueba2)	103
Gráfico 3-4 DUREZA, SÓLIDOS DISUELTOS.....	117
Gráfico 3-5 pH, NITRATOS.....	117
Gráfico 3-6 FOSFATOS, COLIFORMES FECALES	118

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Tipo de Tubería	74
Fotografía 2-2 Cisterna	75
Fotografía 2-3 Bomba 2Hp.....	75
Fotografía 2-4 Banco de Hielo	76
Fotografía 2-5 Caldera	77
Fotografía 2-6 Filtro.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Diagrama del área de producción de la planta de lácteos ESPOCH	128
ANEXO 2 Coagulante Inorgánico.....	129
ANEXO 3 Análisis Físico – Químico del agua Antes del Tratamiento	130
ANEXO 4 Análisis Microbiológico del agua Antes del Tratamiento	131
ANEXO 5 Análisis Físico – Químico del agua Después del Tratamiento	132
ANEXO 6 ESTIMADO DE COSTOS GENERAL DE LOS DISPOSITIVOS	133
ANEXO 7 Concentración ideal de Hidróxido de Calcio	134
ANEXO 8 Concentración ideal de Cloruro Férrico.....	135
ANEXO 9 Planos del Diseño de los dispositivos del proceso de Tratamiento	136

RESUMEN

Se diseñó el proceso de tratamiento de agua para uso en la Planta de Lácteos de Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Con el método deductivo e inductivo: se diagnosticó problemas causados por la baja calidad del agua, buscando el tipo de tratamiento específico según las características que tenga el agua, con el método experimental se realizó la caracterización físico-química y microbiológica del agua, utilizándose técnicas gravimétricas, volumétricas e instrumentales, usando: termómetro, pHmetro, espectrofotómetro, turbidímetro, conductímetro y test de jarras. El muestreo se efectuó por Métodos estándar 2310.

Los resultados de la caracterización fuera de la norma INEN 1108 de agua potable son: Dureza = 288 mg/L, Alcalinidad = 500 mg/L Nitratos = 16,100 mg/L, Fosfatos = 0,740mg/L, Sólidos Disueltos = 722,9mg/L, y Coliformes totales = 108,6 UFC/100ml.

El proceso más eficiente para disminuir los parámetros fuera de la Norma INEN 1108, se basa en: retención de sólidos de gran tamaño, coagulación química acompañada de floculación, sedimentación de partículas suspendidas, y desinfección con hipoclorito de sodio, este proceso cuenta con etapas de: Desbaste, Homogenización, Sedimentación, Filtración y Desinfección.

Se Concluye que con el proceso de tratamiento se tiene una eficiencia de: Dureza=31%, fosfatos=66%, Nitratos=12,5%, sólidos disueltos=30,83%, Coliformes fecales=100%. Evidenciándose una calidad del agua aceptada por la Norma INEN 1108.

Se recomienda a la Administración, la puesta en marcha de este proyecto, ya que el proceso de tratamiento es el más eficiente, para mejorar las condiciones del agua usada en los procesos de producción de la planta.

SUMMARY

A water treatment process was design for the use in a dairy plant in Tunshi of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

With deductive and inductive method: was diagnosed problems caused by poor water quality, looking for specific type of treatment according to the characteristics that the water has, with the experimental method was done on physical-chemical characterization, using gravimetric, techniques volumetric and instrumentic, by the use of: thermometer, pH meter, spectrophotometer, turbid meter, conduct meter and jars test. The Sampling was undertaken by standard methods 2310.

The results of the characterization outside the standard drinking water INEN 1108 are: Hardness = 288 mg / L, Alkalinity = 500 mg / L Nitrates = 16,100 mg / L, Phosphates = 0.740 mg / L Dissolved Solids = 722.9 mg / L, and Total Coliforms = 108.6 UFC/100mL.

The most efficient process to reduce the parameters outside the Norm INEN 1108, are based on: solids retention of large size, chemical coagulation accompanied of flocculation, sedimentation of suspended particles, and disinfection with sodium hypochlorite, the process counts with stages of: bloom, homogenization, sedimentation, filtration and disinfection.

It is concluded that the treatment process has an efficiency of: Hardness 31%, 66%phosphates, nitrates=12.5%, 30.83%dissolved solids, fecal coliforms 100%.Demonstrating a water quality standard accepted by the Norm INEN1108.

It is recommended to the Administration, the implementation of this project, since in the process of treatment is the most efficient, to obtain a better quality of the water used in the production process of the plant.

INTRODUCCIÓN

Se decide hacer este trabajo de investigación acerca de la potabilización del agua ya que este es un líquido vital para la supervivencia de nuestro planeta y de todos los que en el habitamos, pero el creciente aumento en la población ha afectado la pureza de este líquido

Por lo que es conveniente iniciar este trabajo de investigación en una descripción breve de lo que es el agua, de sus propiedades así como sus beneficios; para posteriormente analizar los distintos tipos de contaminantes que dañan a éste vital líquido, y así poder diseñar un sistema de tratamiento adecuado para mejorar la calidad del agua y que sea útil para la planta de lácteos.

La molécula del agua es dipolar, o sea, presenta un polo positivo y uno negativo. Es una molécula formada por dos elementos: oxígeno e hidrógeno, en la siguiente proporción: una parte de oxígeno y dos partes de hidrógeno, unidos por medio de enlaces y representada por **H₂O**.

Esta estructura le permite que muchas otras moléculas iguales, sean atraídas y se unan con gran facilidad, formando enormes cadenas que constituyen el líquido que da la vida a nuestro planeta: **el agua**.

El agua es una sustancia inodora, insípida, en pequeñas cantidades incolora y verdosa o azulada en grandes masas.

Se define como agua para consumo humano, aquella que se consume directamente en la preparación de alimentos, y se encuentra libre de patógenas y sustancia tóxicas que

puedan constituir un factor de riesgo para el hombre. La calidad de agua es un excelente indicador de las condiciones en la que se encuentra la planta.

La presente tiene información acerca del diseño de un sistema de tratamiento para su uso en la planta de lácteos en el sector de Tunshi, cuya fuente de abastecimiento superficial, proviene de una vertiente natural.

Con la ayuda del método cuantitativo y experimental, se estableció la caracterización primaria correspondiente a los análisis físico – químicas y microbiológicas del agua de estudio, utilizando técnicas gravimétricas, volumétricas e instrumentales.

En base a la caracterización físico-química y microbiológica de fuente de captación, se seleccionó el sistema de tratamientomás apropiado para la potabilización del agua.

El diseño y dimensionamiento de las unidades que constituyen el sistema propuesto está basado fundamentalmente en las necesidades que presenta la empresa en la actualidad.

El proceso de tratamiento consta de las siguientes etapas: Almacenamiento primario, filtración, acondicionamiento, purificación y distribución dentro de la planta, el agua que atraviesa la secuencia del tratamiento presentara condiciones aptas para el consumo humano, cumpliendo así con los requisitos exigidos por la Norma INEN 1108 – 2010,para agua potable. El presente trabajo de tesis aporta información valiosa para la planta de lácteos, y está en la gestión y en las autoridades responsables de la planta hacer uso de esta investigación para disponer agua de calidad que mejorara los procesos de producción de la planta de lácteos.

ANTECEDENTES

La comunidad de Tunshi se encuentra ubicada en el sector de la parroquia Licto, Cantón Riobamba, “Actualmente el sector de Tunshi está conformado jurídicamente con 60 socios 350 habitantes aproximadamente a 9 kilómetros de distancia de Riobamba,” y se habla solo castellano las costumbres y las tradiciones en la comunidad han ido desapareciendo con el pasar de los años lo que perdura todavía es su vestimenta tradicional, su principal sustento económico de la agricultura y la ganadería. (Iasso, 2000 págs. 35-37)

Aquí se ubica la planta de lácteos ESPOCH, perteneciente a la Escuela Ciencias Pecuarias, es una unidad de producción de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, iniciando su funcionamiento en el año 2000. Cuenta con equipos de pasteurización obtenidos por una donación mediante el convenio de la ESPOCH con la embajada de Japón.

La planta además sirve de apoyo académico a los estudiantes de la Facultad como también a estudiantes de otras Facultades por ejemplo la de Ciencias, ya que les permite realizar prácticas de elaboración de lácteos y de esta manera adquirir destrezas y reforzar sus conocimientos. (Manzano, 2010)

La planta tiene como objetivos generar recursos autofinanciados para la ESPOCH, con la elaboración y comercialización de sus productos lácteos: entre los productos tenemos leche en polvo, queso y yogurt, siendo el yogurt el producido con menos frecuencia por la baja demanda que posee, actualmente la planta distribuye la mayor parte de productos al comedor politécnico de la ESPOCH. Así como entidades públicas específicamente el seguro, y entre otras.

Por esta razón una de las principales necesidades que tiene la planta es de disponer de un sistema de abastecimiento que garantice una agua de calidad apta para todos los procesos que se llevan a cabo en esta unidad productora de esta manera y conjuntamente con buenas prácticas de manufactura asegurar un producto de calidad que pueda entrar a competir en el mercado local y de esta forma disponer de mayores recurso tanto económicos como técnicos para poder seguir creciendo a nivel industrial.

JUSTIFICACIÓN

Los efectos del cambio climático en la actualidad ya son palpados en todo el planeta así como en nuestro territorio que se evidencia un deterioro de la calidad de agua que se utiliza en diferentes actividades, mucho más en sectores dedicados a la producción agrícola y ganadera como el cantón Riobamba especialmente en el sector de Tunshi que por muchos años ha sido un sector muy importante en la producción de la llamada cebolla colorada, y hoy también dedicado casi en su mayoría a la crianza de ganado para la producción de leche y carne.

Esencialmente en la producción de lácteos a la que se dedica la planta y para la cual necesita de agua que se encuentre en condiciones adecuadas tanto para los procesos de producción como para consumo humano, la planta cuenta con un sistema de recepción de agua proveniente de vertientes es decir agua solo entubada que por las actividades propias de la zona tienen un grado alto de contaminación sin ningún tipo de tratamiento o acondicionamiento para ser utilizada en dichos procesos eso conlleva a una situación crítica en lo relacionado a la calidad de los productos fundamentalmente en las características microbiológicas que pueden causar enfermedades en los consumidores de tales productos.

Es por esta razón la necesidad de implementar un sistema de tratamiento para el agua proveniente de estas vertientes que tiene como objetivo transformar el agua cruda en agua de calidad garantizada a través de procesos y operaciones unitarias que implica desde el punto de vista organoléptico sea agradable a los sentidos, químicamente que no contenga sustancias tóxicas y bacteriológicamente que no contenga microorganismos que afecten a la salud cumpliendo con los requerimientos de la norma técnica ecuatoriana INEN 1108 (Agua potable) .

Y que se utiliza en la planta para diferentes fines para mitigar los efectos negativos del agua no tratada y mejorar la calidad del producto así como el servicio que ofrece la planta. Por lo tanto la demanda de calidad y la cantidad del líquido vital, requerido por la planta de lácteos para sus diferentes actividades justifica la realización de esta tesis.

Finalmente vale considerar que las acciones relacionadas al tratamiento y preservación del agua no son un gasto, son medidas que debemos tomar con gran responsabilidad y perseverancia con el objetivo siempre de procurar un medio sano para el desarrollo de todos los sistemas que nos rodean, para de esta manera alcanzar y mantener una buena calidad de vida.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar un tratamiento de Agua para uso de la planta de lácteos de la Estación Experimental TUNSHI - ESPOCH

ESPECÍFICOS

- Realizar pruebas de caracterización de las aguas de alimentación
- Plantear alternativas de viabilidad técnica, para el sistema de tratamiento, basado en los datos de caracterización.
- Establecer el sistema tratamiento más adecuado a nivel de proceso u operacional.
- Caracterización del agua físico-química y microbiológica después de su tratamiento.

CAPITULO I

PARTE TEÓRICA

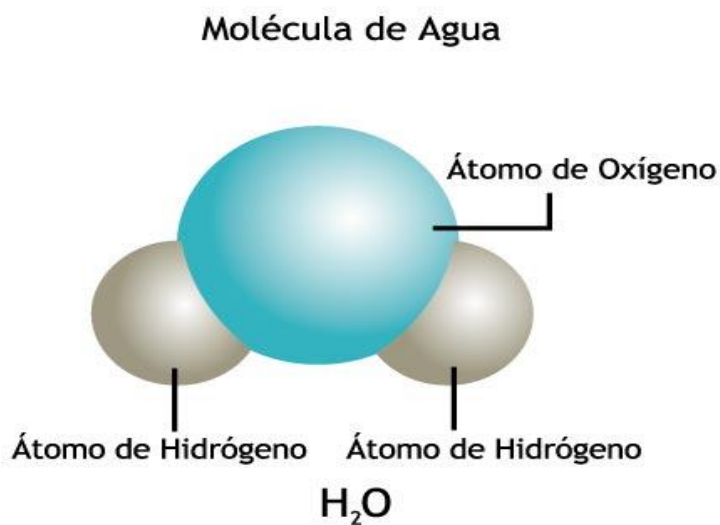
Capítulo 1

1 MARCO TEÓRICO

1.1 .- EL AGUA

Agua nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto su naturaleza se compone de tres átomos, dos de hidrogeno y uno de oxigeno que unidos entre sí forman una molécula de agua, H₂O. Como se representa en la grafico 1-1.

Figura 1-1 Estructura del agua



Fuente: educarchile.cl

El agua origina la vida, toda tipo de vida depende del agua. El agua constituye aproximadamente 3/4 de nuestro peso corporal. Necesitamos agua para realizar algunas funciones como respirar, lubricar los ojos, desintoxicar nuestros cuerpos y mantener constante su temperatura entre otros. Por eso aunque un ser humano puede vivir por más

de dos semanas sin comer, puede sobrevivir solamente tres o cuatro días sin tomar agua. Las plantas serían incapaces de producir su alimento y de crecer sin el agua.

Tiene propiedades especiales que le da una gran importancia, entre las que destacan el hecho de que sea un regulador de temperatura en los seres vivos y en toda la biosfera, por su alta capacidad calórica (su temperatura no cambia tan rápido como la de otros líquidos).

El agua es el único elemento en el que se formó y se desarrollaron las primeras formas de vida, esto se debió a la característica del agua como solvente universal e inerte. Actúa en la descomposición metabólica de las moléculas, y está presente en la sangre que circula por el cuerpo de los seres vivos y en la savia en las plantas.

1.1.1 ESTADO NATURAL

El agua es la única sustancia de todos los elementos naturales que aparece sobre la tierra en estado sólido, líquido y gaseoso al mismo tiempo en un mismo ambiente. “Como sólido o hielo se encuentra en los glaciares y los casquetes polares, así como en las superficies de agua en invierno” (Guzmán, 2006), también en forma de nieve, granizo y escarcha. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia formadas por gotas de agua, y en forma de rocío en la vegetación, es importante resaltar que ocupa las tres cuartas partes de la superficie de la tierra en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, se encuentra en la niebla, vapor y nubes. El agua está presente además en la porción superior del suelo, en donde se adhiere, por acción capilar, a las partículas del mismo. En este estado, se le denomina agua ligada y tiene unas características diferentes del agua libre.

Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.(www.IntasaSanAdrian.com, 2004)

1.1.2 EL AGUA EN LA VIDA

El agua es el componente principal de la materia viva. Constituye del 49 al 88% del peso corporal de los organismos vivos. (aguasaludable.net/diccionariodel.aspx, 2000)Cantidades considerables de agua son usadas durante la digestión de la comida. El protoplasma, que es la materia básica de las células vivas, consiste en una disolución de grasas, carbohidratos, proteínas, sales y otros compuestos químicos similares en agua. El agua se considera como un disolvente transportando, combinando y disolviendo esas sustancias. La sangre de los seres vivos, la savia de las plantas contienen una gran cantidad de agua, que sirve para trasladar los alimentos y desechar el material de desperdicio.

Para evitar la deshidratación, la cantidad precisa depende del tipo de actividad, temperatura, humedad y otros factores. El cuerpo desecha agua por medio de la orina y las heces, la transpiración y la exhalación del vapor de agua en nuestro aliento. (1)

1.1.3 AGUA POTABLE

Se califican de agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin ningún riesgo. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad que hayan sido publicadas por las autoridades locales e internacionales.

Para conseguir agua potable debe ser aprovechada el agua de lluvia, hervir el agua de los ríos o charcos y luego decantándola, desechando el volumen más sucio o contaminante, hervir agua dulce, aunque en este caso la misma carecerá de nutrientes, sales y minerales esenciales para la vida.

El pH del agua potable debe encontrarse entre los siguientes valores 6,5 y 8,5. Generalmente, los controles que existen sobre el agua potable resultan ser más rigurosos que los que se llevan sobre las aguas minerales embotelladas.

1.1.4 TIPOS DE AGUA

Según la cantidad y tipos de sales minerales presente, el agua puede ser:

- **Aguas Duras.-** Son aquellas que poseen importante presencia de compuestos de calcio y magnesio, poco, solubles, principales responsables de la formación de depósitos e incrustaciones.
- **Aguas Blandas.-** Su composición principal está dada por sales minerales de gran solubilidad, que se caracteriza por tener una concentración de cloruro de sodio inferior y una mínima cantidad de iones de calcio y magnesio.
- **Aguas neutras.-** Compone su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no alteran sensiblemente el valor del pH.
- **Aguas alcalinas.-** Son aquellas que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando el valor de pH.

1.1.5 PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA

1.1.5.1 PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

- Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- Color: incolora
- Sabor: insípida
- Olor: inodoro
- Densidad: 1g./c.c. a 4°C
- Punto de congelación: 0°C
- Punto de ebullición: 100°C
- Presión crítica: 217,5 atm.
- Temperatura crítica: 374°C

1.1.5.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA

- Reacciona con los óxidos ácidos
- Reacciona con los óxidos básicos
- Reacciona con los metales
- Reacciona con los no metales
- Se une en las sales formando hidratos

1.1.6 EL AGUA EN LA SOCIEDAD

El agua desde los inicios de la civilización ha sido fundamental no solo para la subsistencia sino también para el desarrollo de diferentes actividades especialmente desde el punto de vista económico.

Es así que el agua es utilizada indispensablemente en el consumo humano, en el desarrollo de la agricultura en los sistemas de riego. En las industrias se utiliza el agua en forma de vapor para llevar a cabo los procesos de producción. El agua se usa como un medio de navegación tanto en personas y productos al trasladar de un lugar a otro. Además es utilizada en las centrales hidroeléctricas para la obtención de energía.

Ya desde hace 4500 años se construían canales para el abastecimiento de agua en los últimos siglos debido a la industrialización y crecimiento demográfico se tuvo que implementar otro sistema de abastecimiento de agua que sea capaz de potabilizarla. (A. YANEZ, 2012)

1.1.7 EL AGUA DULCE EN LA NATURALEZA

El agua dulce en la naturaleza se renueva gracias a la atmósfera que dispone de 12.900 km³ de vapor de agua. Sin embargo, se trata de un volumen dinámico que constantemente se está incrementando en forma de evaporación y disminuyendo en forma de precipitaciones, estimándose el volumen anual en forma de precipitación o agua de lluvia entre 113.500 y 120.000 km³ en el mundo. Estos volúmenes suponen la parte clave de la renovación de los recursos naturales de agua dulce. En los países de clima templado y frío la precipitación en forma de nieve supone una parte importante del total.

El 68,7% del agua dulce está en los glaciares y mantos de hielo. Sin embargo, en general, no se consideran recursos hídricos por ser inaccesibles (Antártida, Ártico y Groenlandia). En cambio los glaciares continentales son básicos en los recursos hídricos de muchos países. (2)

Las aguas superficiales abarcan los lagos, ríos y pantanos suponiendo solamente el 0,3% del agua dulce del planeta, sin embargo representan el 80% de las aguas dulces renovables anualmente de allí su importancia. (www.bioverdeproducts.com, 2000)

También el agua subterránea dulce almacenada, que representa el 96% del agua dulce no congelada de la Tierra, supone un importante recurso. Se sabe que los sistemas de aguas subterráneas empleados en abastecimiento de poblaciones suponen entre un 25 y un 40% del agua potable total abastecida. Así la mitad de las grandes megalópolis del mundo dependen de ellas para su consumo. En las zonas donde no se dispone de otra fuente de abastecimiento representa una forma de abastecimiento de calidad a bajo costo.

“La mayor fuente de agua dulce del mundo adecuada para su consumo es el Lago Baikal, de Siberia, que tiene un índice muy reducido en sal y calcio y aún no está contaminado” (l. Masmar.net, 2008)

1.1.8 DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL AGUA EN LA TIERRA

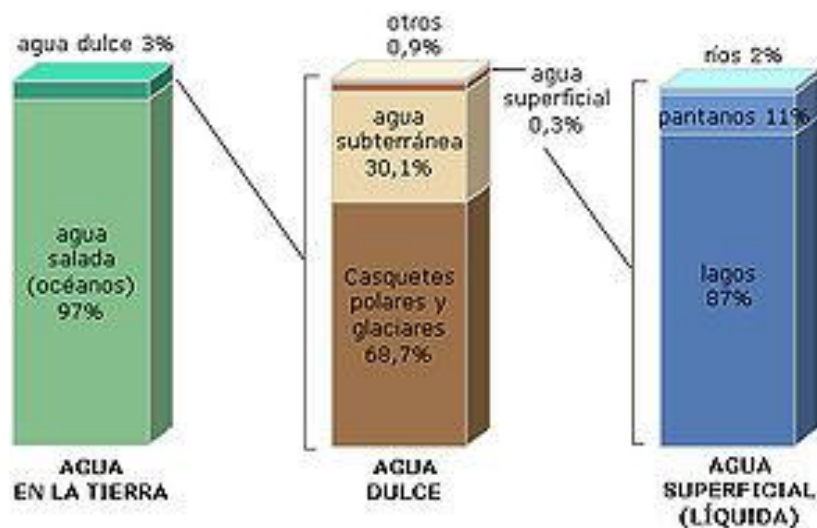
El total del agua presente en el planeta, en todas sus formas, se denomina hidrosfera. El agua cubre 3/4 partes de la superficie de la Tierra. Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

El 97 por ciento es agua salada, la cual se encuentra principalmente en los océanos y mares; sólo el 3 % de su volumen es dulce. De esta última, un 1% está en estado líquido. El 2% restante se encuentra en estado sólido en capas, campos y plataformas de

hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos. Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en humedales y, subterráneamente, en acuíferos.

El agua representa entre el 50 y el 90% de la masa de los seres vivos (aproximadamente el 75% del cuerpo humano es agua; en el caso de las algas, el porcentaje es del 90%).

Figura 1-2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA



Fuente: UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization)

Tabla 1-1 Distribución del Agua				
Situación del agua	Volumen en km ³		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
Océanos y mares	-	1.338.000.000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y Permafrost	300.000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.000	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.400	-	0,006

Humedad del suelo	16.500	-	0,05	0,001
Atmósfera	12.900	-	0,04	0,001
Embalses	11.470	-	0,03	0,0008
Ríos	2.120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua en la tierra	1.386.000.000		-	100

Fuente: Intermon Oxfam

1.1.9 FUENTES DE AGUA

El agua circula de forma continua a través de un infinito ciclo de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación, etc., y así se mantiene repetidamente este ciclo.

Se entiende por fuente de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta el agua temporalmente para ser usada, regresando finalmente a la naturaleza. Esta agua puede o no volver a su “fuente” original, lo cual depende de la forma en que se disponga de las aguas de desperdicio.

Para el abastecimiento público de agua se usan comúnmente tanto los recursos superficiales como los subterráneos. Las razones para elegir uno u otro son muchas, e incluyen consideraciones tales como, la calidad disponible, la seguridad del abastecimiento, y el costo de construcción y operación

1.1.10 ABASTECIMIENTOS SUBTERRÁNEOS

Pozos poco profundos.-los pozos deben perforarse ya sea dentro de las rocas para extraer el agua de las grietas o a través de la roca hasta localizar los estratos acuíferos más profundos.

Manantiales.-Aparecen donde un estrato que lleva agua alcanza la superficie del terreno, o donde las fisuras de la roca afloran a la superficie, en condiciones tales que el agua subterránea es forzada a través de las grietas

1.1.11 ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL

Ríos.-los abastecimientos de agua de los ríos requieren por lo común de los mayores recursos para su tratamiento. La turbiedad, o enturbiamiento, el contenido mineral y el grado de contaminación varían considerablemente de un día al otro. La variación de la temperatura del agua durante el año también puede hacerla indeseable.

Lagos naturales.-proporcionan agua de calidad excepcionalmente buena, excepto de sus márgenes y en la vecindad de descargas de drenajes o de corrientes fuertes. Además de necesitar un tratamiento mínimo

Embalses.- son represas que se construyen para disponer del agua en épocas de escases de agua además los embalses tienen la ventaja de eliminar la mayor parte de lodo o enturbiamiento del agua, por sedimentación también se disminuye la cantidad de bacterias, las desventajas son la proliferación de algas que producen olores y sabores en el agua (3).

1.2 EL USO DEL AGUA

1.2.1 EL USO DOMÉSTICO DEL AGUA

Además de precisar los seres humanos para su existencia, el agua es indispensable para su propio aseo y la limpieza. Se ha estimado que los humanos consumen directamente o

indirectamente alrededor de un 54% del agua dulce superficial disponible en el mundo.

Este porcentaje se desglosa en:

Un 20%, utilizado para mantener la fauna y la flora, para el transporte de bienes (barcos) y para la pesca, y el 34% restante, utilizado de la siguiente manera: el 70% en irrigación, un 20% en la industria y un 10% en las ciudades y los hogares. El consumo humano representa un porcentaje reducido del volumen de agua consumido a diario en el mundo. Se estima que un habitante de un país desarrollado consume alrededor de 5 litros diarios en forma de alimentos y bebidas.

Tabla 1-2 Consumo aproximado de agua por persona/día	
Actividad	Consumo de agua(L)
Lavar la ropa	60-100
Limpiar la casa	15-40
Limpiar la vajilla a máquina	18-50
Limpiar la vajilla a mano	100
Cocinar	6-8
Darse una ducha	35-70
Bañarse	200
Lavarse los dientes	30
Lavarse los dientes (cerrando el grifo)	1,5
Lavarse las manos	1,5
Afeitarse	40-75
Afeitarse (cerrando el grifo)	3
Lavar el coche con manguera	500
Descargar la cisterna	10-15
Media descarga de cisterna	6
Regar un jardín pequeño	75
Riego de plantas domésticas	15
Beber	1,5

Fuente: Intermon Oxfam

Estos hábitos de consumo señalados y el aumento de la población en el último siglo han causado a la vez un aumento en el consumo del agua. Ello ha provocado que las

autoridades realicen campañas por el buen uso del agua. Actualmente, la concienciación es una tarea de enorme importancia para garantizar el futuro del agua en el planeta, y como tal es objeto de constantes actividades tanto a nivel nacional como municipal. Por otra parte, las enormes diferencias entre el consumo diario por persona en países desarrollados y países en vías de desarrollo señalan que el modelo hídrico actual no es sólo ecológicamente inviable: también lo es desde el punto de vista humanitario, por lo que numerosas ONGs se esfuerzan por incluir el derecho al agua entre los Derechos humanos. (marzo de 2006.)

1.2.2 El agua en la agricultura

El empleo del agua y su gestión han sido un factor esencial y primordial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades mejoradas tanto de plantas como de animales utilicen al máximo sus factores de producción que elevan los rendimientos. Al incrementar la productividad, la gestión sostenible del agua (especialmente si va unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor tanto para el consumo directo como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales.

Se estima que la agricultura es la función humana que mayor agua demanda ya que el agua está destinada a los riegos de millones de plantas que después serán consumidas por el propio hombre o por el ganado, lo largo del año son millones y millones de litros de agua que se dedican al riego de cultivos.

La mayor parte del agua se destina a la agricultura, y es utilizada para irrigar los cultivos. La relación directa entre recursos hídricos y producción de alimentos es crítica por tanto para una población humana en constante crecimiento. La irrigación absorbe hasta el 90% de los recursos hídricos de algunos países en desarrollo.

En la actualidad una de las vertientes más activas de la investigación genética intenta optimizar las especies que el hombre usa como alimento. También se ha empezado a hablar de agricultura espacial para referirse a los experimentos destinados a difundir la agricultura por otros planetas.

También el uso de nitratos y pesticidas en las labores agrícolas suponen la principal contaminación difusa de las masas de agua tanto superficial como subterránea. La más significativa es la contaminación por nitratos que produce la eutrofización de las aguas. La mayor parte de los abonos son absorbidos por los cultivos, el resto es un potencial contaminante de las aguas.

1.2.3 El uso del agua en la industria

La industria por lo general necesita y de hecho consume la mayor parte del agua potable destinado a los seres humanos. Infinidad de productos necesitan de grandes cantidades de agua para ser fabricados. La industria por su parte contamina y necesita del agua para diluir los contaminantes y expulsarlos a los diferentes efluentes.

Las industrias utilizan el agua para generar electricidad. La industria papelera contamina grandes cantidades de agua de ríos, y la industria petrolífera a su vez contamina indirectamente con la fabricación de plásticos que siempre acaban llegando al mar. (4)

La industria precisa el agua para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar. La mayor parte, después de su uso, se elimina devolviéndola nuevamente a la naturaleza. Estos vertidos, a veces se tratan, pero en otros casos el agua residual industrial vuelve al ciclo del agua sin tratarla adecuadamente. La calidad del agua de muchos ríos del mundo se está deteriorando y está afectando negativamente al medio acuático por los vertidos industriales de metales pesados, sustancias químicas o materia orgánica. También puede producir una contaminación indirecta: residuos sólidos pueden llevar agua contaminada u otros líquidos, el lixiviado, que se acaban filtrando al terreno y contaminando acuíferos si los residuos no se aíslan adecuadamente.

El agua es esencial para diversos procesos industriales y maquinarias, como la turbina de vapor, el intercambiador de calor, y también su uso como disolvente químico. El vertido de aguas residuales procedentes de procesos industriales causan varios tipos de contaminación como: la contaminación hídrica causada por descargas de solutos y la contaminación térmica causada por la descarga del refrigerante.

Otra de las aplicaciones industriales es el agua presurizada, la cual se emplea en equipos de hidrodemolición, en máquinas de corte con chorro de agua, y también se utiliza en pistolas de agua con alta presión para cortar de forma eficaz y precisa varios materiales como acero, hormigón, hormigón armado, cerámica, etc. El agua a presión también se usa para evitar el recalentamiento de maquinaria como las sierras eléctricas o entre elementos sometidos a un intenso rozamiento. (Christian, 2003)

1.2.4 EL AGUA EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

Dentro de la industria láctea el agua es utilizada principalmente en la limpieza de equipos, instrumentos y áreas de trabajo.

El agua consumida depende del tamaño de la empresa, los procesos de producción existentes, el tipo de equipos y la facilidad para limpiarlos.

En la industria láctea el agua que se utiliza para limpieza es aproximadamente del 50-90% del consumo total.

Optimizar el uso del agua y de los químicos de limpieza para disminuir los costos sin afectar la eficiencia de la limpieza, también el agua a más de ser utilizada en los procesos de limpieza se beneficia para la refrigeración.

Un kg de leche (pesa 1.032 gramos) necesita 0.5-3 litros de agua. De esta cantidad, 0.5-2 litros es para el proceso y el resto del agua se utiliza para limpieza, siendo agua no potable.

La calidad del agua ha de cumplir con las normas de agua potable. Esta se puede obtener de la red pública, de la red subterránea (lo cual implica tener un pozo), de aguas superficiales. El agua residual necesita tratamiento para utilizarla. El agua de la red subterránea debe tener calidad aceptable.

1.3 CALIDAD DE AGUA

La calidad de agua, ya sea está superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Las aguas superficiales que por lo general son más turbias que las aguas subterráneas y tienen un mayor número de bacterias que estas. Pero las aguas subterráneas concentran mayor cantidad de productos químicos en disolución aunque no supera a la cantidad de productos químicos y microorganismos del agua de mar.

Pues sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad de agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos. Estas condiciones tienen relevancia ya que, según los tipos de substratos por los que viaje el agua, esta se cargará de unas sales u otras en función de la composición y la solubilidad de los materiales de dichos substrato. Así, las aguas que discurren por zonas calizas (rocas muy solubles) se cargarán fácilmente de carbonatos entre otras sales en el otro extremo, los cursos de agua que discurren sobre substratos cristalinos, como los granitos se cargarán muy poco de sales, y aparecerá en cantidades apreciables la sílice.

La pureza del agua se puede comprobar por la cantidad de capas de sedimentos que esta atraviese, ya que estas capas retienen las impurezas.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que concurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dada, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución¹ de los mismos, y menor será la pérdida de calidad. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia, ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de temperatura.

Desde el punto de vista sanitario se tiene la siguiente clasificación (5).

Tabla 1-3 CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA

Calidad del agua	Numero de gérmenes ml
Excesivamente pura	0 a 100
Muy pura	10 a 100
Pura	100 a 1000
Medianamente pura	1000 a 10000
Impura	10000 a 100000
Muy impura	Más de 100000

FUENTE: Romero J; Calidad del Agua 2006

¹ Dilución: mezcla homogénea, uniforme y estable formada por dos o más sustancias llamadas componentes

La calidad del agua varía de acuerdo al tipo y cantidad de sustancia presentes en la misma, así tenemos:

- **Cloruros.-** La concentración de iones cloruros es de 200 - 300 mg/L; cuando es superior proporciona sabor desagradable al agua, además corroe los metales en el sistema de distribución, especialmente el aguas de escasa alcalinidad y el tratamiento no elimina el cloruro existente en el agua.
- **Nitritos y nitratos.-** Los nitritos pueden descomponerse en presencia de bacterias talofíticas, convirtiéndose en NO_2 que luego se oxida a NO_3^- Se admite concentraciones en trazas, pero en la actualidad ningún valor es permisible debido a su nocividad.
- **Nitrógeno Amoniacal.-** La presencia de grandes cantidades indica una contaminación reciente por materia orgánica en descomposición, siendo viable una contaminación bacteriológica. El amoníaco favorece la proliferación de ciertas bacterias que otorga olores desagradables.
- **Dureza.-** Es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio y en menor proporción por el hierro, el aluminio y otros metales. La que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición.
- **Bicarbonatos y carbonatos.-** Estos iones constituyen los componentes alcalinos principales de casi todas las fuentes de agua, y son aquellos que caracterizan la alcalinidad.
- **Oxígeno disuelto.-** Las aguas subterráneas son generalmente pobre en oxígeno disuelto, esta ausencia no puede considerarse como contaminación, ya que el oxígeno contenido en el inicio del recorrido subterráneo ha podido tomar parte en un proceso de autodepuración natural. En estos casos se hace necesario airear el agua antes de su utilización.

- **Hierro.-** La presencia de hierro en el agua es siempre perjudicial, aunque su contenido sea pequeño, ya que se precipita en contacto con el oxígeno del aire, en forma de flocules rojizos que enturbian el agua. El agua debe poseer máximo 0.3 mg/L, cuando excede este límite se forma un precipitado color pardo rojizo y ocasiona un sabor desagradable.
- **Fosfatos.-** El mayor problema de la existencia de fosfatos en el agua es que ayudan a la proliferación de organismos, especialmente algas; en los sistemas de tuberías.
- **Sulfatos.-** Concentraciones mayores a 4000 mg/L afectan el sabor de las aguas, además esta agua tiene un efecto laxante y más aún cuando está acompañado de magnesio.
- **Sólidos totales disueltos.-** Están constituidos fundamentalmente por sustancias inorgánicas, las principales son calcio, magnesio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Su principal efecto es en el sabor y su concentración debe ser inferior a 600mg/L.
- **Sustancias orgánicas.-** Su presencia produce olores desagradables en el agua, incluso el mal olor producido puede ser un indicativo de aumento en la actividad biológica.

1.3.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación no es más que el cambio de la estructura natural que tiene el agua o del suelo, por todos aquellos elementos ajenos y por algunos no tan diferentes al agua que por las excesivas cantidades de estos, comienzan a detectarse o aumentar su concentración.

En condiciones normales los ríos pueden auto-depurarse; las aguas arrastran los desechos hacia los océanos, las bacterias utilizan el oxígeno disuelto en las aguas y degradan los compuestos orgánicos, que a su vez son consumidas por los peces y las plantas acuáticas devolviendo el oxígeno y el carbono a la biosfera.

A medida que la humanidad va progresando, esto se hace cada vez más difícil. Diariamente se acumulan residuos productos de la lluvia, de actividades naturales y de todas las muestras actividades en el hogar, el comercio, en fábricas, talleres, actividades agrícolas y ganaderas.

La contaminación del agua se produce por:

- La erosión del suelo constituye un factor importante en la contaminación del agua en especie en épocas de lluvia, ya que se incrementa la cantidad de sólidos suspendidos.
- Descarga de aguas municipales, eliminación de residuos industriales, microorganismos patógenos o productores de enfermedades.
- Aplicación descontrolada de productos químicos al suelo (pesticidas nitratos y fosfatos usados como abonos de plantas, sedimentos sólidos erosionados del suelo, etc.), que más tarde son arrastrados por el agua.
- Agregado de combustibles, aceites, sustancias nucleares o insecticidas a las aguas.
- El manejo indebido del desperdicio animal puede tener un efecto serio en los pozos y en la calidad de nuestra agua potable, si el estiércol no es manejado apropiadamente, existe una mayor posibilidad de que los contaminantes y las bacterias entren en las fuentes de agua subterránea. La aplicación de estiércol en el riego de tierras de cultivo

con fertilizante conteniendo nitrógeno y otros nutrientes cerca de arroyos o cunetas, da un gran potencial para que los contaminantes se filtren dentro de las fuentes o corrientes de agua subterránea.

“Según la FAO (1981), los contaminantes según su efecto se pueden dividir en dos grupos principales.” (FAO, 1981)

1.3.1.1 *CONTAMINANTES DIRECTOS*

Estos contaminantes tienen efectos bien definidos y nocivos en las poblaciones de organismos acuáticos. Este grupo abarca los contaminantes térmicos y químicos tóxicos que pueden degradarse fácilmente, como el fenol o las sustancias tóxicas persistentes y posiblemente bioacumulativa, tales como plaguicidas clorados orgánicos.

1.3.1.2 *CONTAMINANTES INDIRECTOS*

Estos contaminantes son capaces de modificar el ambiente acuático de un modo que perjudica el desarrollo de la flora y fauna. Esta categoría está formada por partículas sólidas, de origen orgánico o inorgánico, no letales que pueden quedar en suspensión y que por ello interfieren en la penetración de la luz y que en consecuencia la acción fotosintética de las algas, o bien puede sedimentarse, con lo cual afectan a los seres bentónicos, y las aguas residuales con elevada demanda bioquímica de oxígeno, que son la causa de que en el medio haya bajas concentraciones de oxígeno.

1.3.1.3 *ANÁLISIS DEL AGUA A NIVEL DE LABORATORIO*

Los análisis del agua que se realizan a nivel de laboratorio se realiza por diferentes motivos, el más frecuente probablemente es el que se realiza para tener una opinión válida de la calidad de agua en un abastecimiento público, privado o industrial.

Esto implica analizar diferentes factores; si es de confianza para el consumo humano, según la presencia de agentes contaminantes y tóxicos, si es corrosiva para la tubería metálica, si es agradable en su sabor y color.

Estos son exámenes rutinarios para controlar los procesos de tratamiento de agua y garantizar a todo momento un efluente de calidad.

Los exámenes de laboratorio pueden clasificarse en:

- Análisis físico-químicos
- exámenes microbiológicos.

Las pruebas físicas miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos, los análisis químicos determinan las cantidades de materia mineral y orgánica que hay en el agua y que afecte su calidad, proporcionando datos acerca de contaminantes.

Los exámenes microbiológicos indican la presencia de bacterias características de la contaminación del agua que afectan a su calidad (6).

1.4 LEGISLACION AMBIENTAL RELEVANTE

1.4.1 Constitución de la República del Ecuador

Art.3. Deberes primordiales del Estado, numeral 7.-“Proteger el patrimonio natural y cultural del país”.

Art.14. “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumakKawsay*”.

1.4.2 Derechos De La Naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno

desarrollo de los derechos y al interés social. Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 317.- Los recursos naturales no renovables pertenecen al patrimonio inalienable e imprescriptible del Estado. En su gestión, el estado priorizará la responsabilidad intergeneracional, la conservación de la naturaleza, el cobro de regalías u otras contribuciones no tributarias y de participaciones empresariales; y minimizará los impactos negativos de carácter ambiental, cultural, social y económico.

1.4.3 NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 1108 (AGUA POTABLE)

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para el consumo humano. Es aplicada al agua potable de los sistemas de abastecimiento público y privados a través de redes de distribución.

1.4.3.1 *Parámetros Para El Control De La Calidad Del Agua*

a. Sólidos Totales (ST)

Los sólidos totales consisten en la cantidad de materia que queda como residuo después de una evaporación entre los 103°C a 105°C. Sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

b. Sólidos Suspendidos

Porción de sólidos totales retenidos en un litro.

c. Sólidos Sedimentables

Porción de sólidos suspendidos que puede sedimentar en un periodo determinado.

d. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente 5 días y a 20°C).

El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO₅ suele emplearse para comprobar la carga orgánica de aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos.

e. Demanda química de oxígeno (DQO)

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidante sales inorgánicas de permanganato o bicromato de potasio.

f. pH:

Las medidas de pH se realizan con un electrodo de vidrio, el cual genera un potencial que varía linealmente con el pH de la solución en la que está inmerso. El electrodo consiste en una célula con un potencial controlado por la actividad del protón a cada lado de una membrana de vidrio muy fina.

g. Coliformes Totales

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas, no esporuladas y de forma alargada, que desarrollan una colonia roja con un brillo metálico que contenga lactosa tras la incubación de 24 horas a 35°C.

- **Coliformes Fecales**

El grupo coliforme está formado por las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas, no formadoras de espora y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35°C. Los Coliformes fecales forman parte del grupo coliforme total y *Enterobacter*, el predominante del grupo Coliformes fecales es la *Escherichiacoli*.(7)

Tabla 1-4PARAMETROS DE CONTROL EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA EL USO EN LA PLANTA

PARÁMETROS	SALIDA
Sólidos Totales (ST)	1 600 mg/l
Sólidos Suspendidos	100 mg/l
Sólidos Disueltos	-
DBO5	100 mg/l
DQO	250 mg/l
pH	5-9

Coliformes Totales	Remoción > al 99,9%
Dureza	200 mg/l

Fuente: Romero J; Calidad del Agua

1.5 INFORMACIÓN GENERAL DEL SECTOR DE TUNSHI

1.5.1 LOCALIZACIÓN

El siguiente estudio se efectuara en la comunidad de Tunshi San Nicolás que está ubicado en la parroquia Licto, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador.

Latitud: Este 76°48'25" Norte 98°76'79"

Altitud: 2709 (m.s.n.m).

A 8 1/2 kilómetros de la ciudad de Riobamba. Y 10 Kilómetros de Chambo.

1.5.2 LIMITES

Limita al Norte con la comunidad de Pantaño

Al Sur con la comunidad San Javier de Tunshi

Al Este con el río Chambo

Al Oeste con la comunidad de San Pedro de Tunshi.

1.5.3 CLIMATOLOGIA DE LA ZONA

Tabla 1-5CLIMATOLOGIA DE LA ZONA

Precipitación medio anual	1000-2000 mm
Humedad %	40%
Temperatura máxima	19
Temperatura mínima	11
Temperatura media	14

Fuente: Diego A. Cáceres O.

1.5.4 DATOS Complementarios

- Relieve: abrupto.
- Vialidad: 1er orden, 2do orden.
- Energía eléctrica: sí.
- Agua potable: no.
- Transporte terrestre: regular: si.
- Urbanizaciones: población dispersa

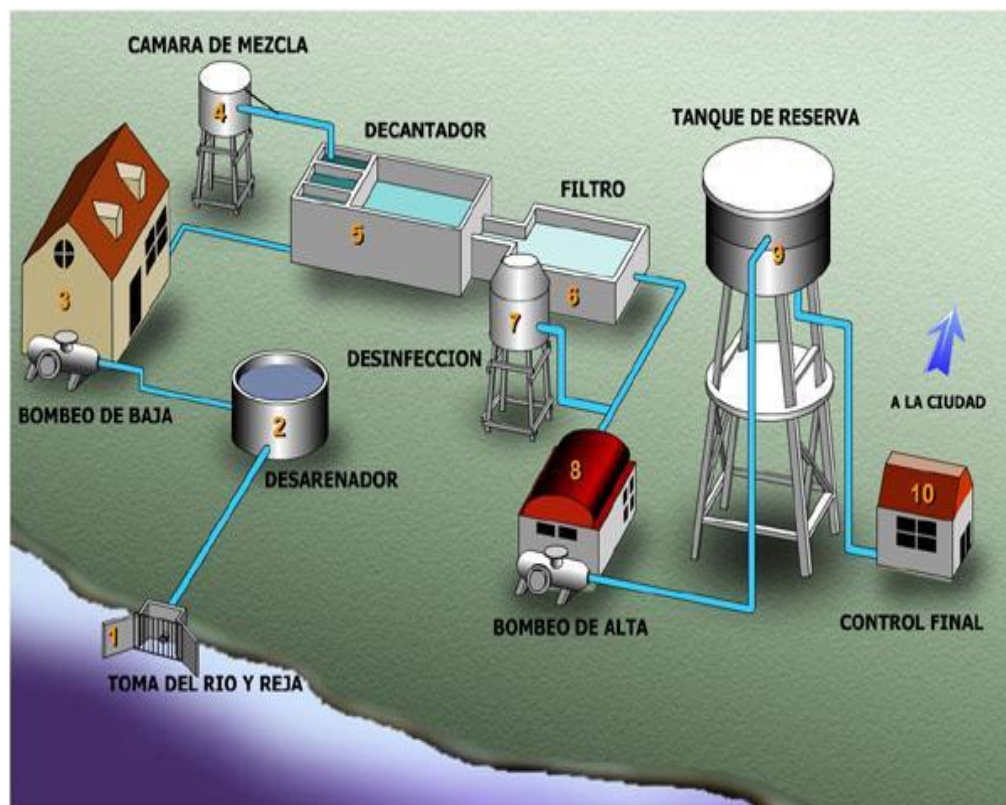
1.6 CONCEPTO DE DISEÑO

El diseño se entiende como el desarrollo de una estructura o sistema, que disponga de las características técnicas adecuadas (funciones), y que logra fundamentalmente por la información obtenida de los datos satisfacer todas las necesidades, requerimientos, y exigencias a las que se encuentra sometido todo el diseño y que está sujeta a normas que evalúan la eficiencia del diseño.

1.6.1 POTABILIZACIÓN

1.6.1.1 DEFINICIÓN

Figura 1-3 POTABILIZACIÓN



Fuente: Educagua

Se entiende por agua potable no al agua pura sino aquella que sea incapaz de dañar a la salud, se entiende por agua potable, al agua incolora, insípida e inodora, que contiene oxígeno disuelto en concentraciones adecuadas, y está libre de gérmenes patógenos y sustancias tóxicas que pongan en peligro la salud.

El agua natural para poseer estas condiciones debe ser sometida a un proceso de potabilización.

Las fuentes de suministros de agua dulce en la naturaleza son variadas. A las aguas de ríos, lagos y arroyos las llamamos agua superficiales; a las que se extraen por medio de perforaciones se las denomina subterráneas, y encontramos otros suministros como vertientes y manantiales.

Como sabemos mencionado anteriormente se disuelven en el agua sustancias que deterioran su calidad y la hacen no apta para el consumo humano. Es por esta razón que para poderla consumir se debe llevar a cabo un proceso que eliminen todos los solutos que perjudiquen la salud humana (8).

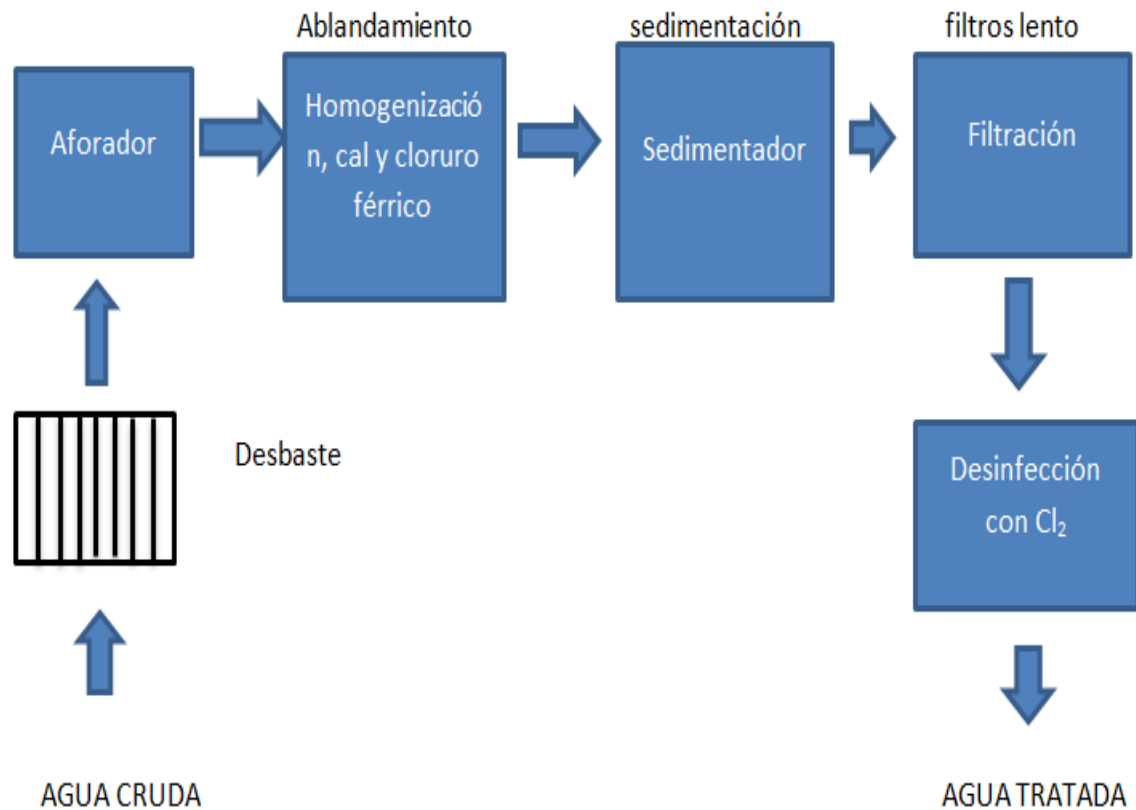
1.6.2 PROCESO DE POTABILIZACION GENERAL

- ✓ TOMA DEL RIO. Punto de captación de las aguas; REJA. Impide la penetración de elementos de gran tamaño (ramas, troncos, peces, etc.).
- ✓ DESARENADOR. Sedimenta arenas que van suspendidas para evitar dañar las bombas.
- ✓ BOMBEO DE BAJA (Bombas también llamadas de baja presión). Toman el agua directamente de un río, lago o embalse, enviando el agua cruda a la cámara de mezcla.

- ✓ CAMARA DE MEZCLA. Donde se agrega al agua productos químicos. Los principales son los coagulantes (sulfato de alúmina), alcalinizantes (cal)
- ✓ DECANTADOR. El agua llega velozmente a una pileta muy amplia donde se aquieta, permitiendo que se depositen las impurezas en el fondo. Para acelerar esta operación, se le agrega al agua coagulante que atrapan las impurezas formando pesados coágulos. El agua sale muy clarificada y junto con la suciedad quedan gran parte de las bacterias que contenía.
- ✓ FILTRO. El agua decantada llega hasta un filtro donde pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor. Sale prácticamente potable.
- ✓ DESINFECCIÓN. Para asegurar aún más la potabilidad del agua, se le agrega cloro que elimina el exceso de bacterias y lo que es muy importante, su desarrollo en el recorrido hasta las viviendas.
- ✓ BOMBEO DE ALTA. Toma el agua del depósito de la ciudad.
- ✓ TANQUE DE RESERVA. Desde donde se distribuye a toda la ciudad.

1.7 PROCESO DE TRATAMIENTO DEL AGUA EN LA PLANTA DE LACTEOS

Figura 1-4 TRATAMIENTO DEL AGUA



Fuente: Diego Cáceres O.

1.7.1.1 TRATAMIENTOS PRELIMINARES

Se hacen como antecedentes a los tratamientos primarios, secundarios o terciarios, pues el agua pueden venir con desechos muy grandes y voluminosos que no pueden llegar a las plantas de tratamiento y sirven de igual manera para aumentar la efectividad de estos procesos.

Para este proceso son utilizados las rejillas, los tamices y micro-filtros

1.7.1.1.1 LAS REJILLAS

Son dispositivos formados por barras metálicas, paralelas del mismo espesor e igualmente espaciadas. Con estas se retiene todo el material grueso, su principal objetivo es retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas, válvulas, etc.

“Las plantas de tratamiento de agua pueden no necesitar de la operación con rejillas, dependiendo de las características de los residuos” (Ramirez, 1991)

1.7.1.1.2 MEDIDOR DE CAUDALES TIPO PARSHALL

Los medidores de caudal son dispositivos que no forman parte en los procesos unitarios que se realizan en el sistema de tratamiento, sin embargo son de gran importancia a la hora de verificar o conocer cuánto es el caudal que está entrando a la planta. El medidor de caudal diseñado consiste en una canaleta que está formada por tres partes principales la entrada inicialmente convergente, la garganta o tramo angosto del canal y la salida o parte divergente; se seleccionó este tipo de aforador por su efectividad, su sencillez puesto que su diseño está basado en un simple estrangulamiento.

1.7.1.2 .- TRATAMIENTO PRIMARIO

En este tipo de tratamiento lo que se busca es remover los materiales que son posibles de sedimentar, usando tratamiento físicos o físico-químicos. “En algunos casos dejando, simplemente, el agua por un tiempo en grandes tanques o, en el caso de los tratamientos primarios mejorados, añadiendo al agua cantidades requeridas de sustancias químicas quelantes²”

²Quelantes: Sustancia de naturaleza química que tiene la facultad de unirse a los iones metálica.

Con estos tratamientos se disminuyen los sólidos disueltos y coloidales del agua. “Como parte de tales sólidos son materia orgánica, la consecuencia del tratamiento primario es la reducción de la DBO, y también de la contaminación bacteriológica y de la turbidez”

- La precipitación química o coagulación es un proceso por el cual se agregan sustancias químicas para que así se dé una coagulación de los desechos y poder retirar así los sólidos que hacen más rápida y eficaz la sedimentación.
- La neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco (desorción). Las operaciones que incluye son el desaceitado y desengrase.

1.7.1.2.1 .-PROCESOS DE SEPARACION SOLIDO-LIQUIDO

Sedimentación.- Se eliminan los sólidos en suspensión de pequeño tamaño, mediante la acción de la gravedad. Utilizando sedimentadores de planta cuadrada o circular. Se separa un líquido más o menos claro y un lodo con una alta cantidad de sólidos.

La sedimentación o clarificación es la eliminación de materia particulada, los floculos químicos y los precipitados en suspensión, a través de la deposición por gravedad.

Un diseño deficiente del depósito de sedimentación producirá una disminución de la eficiencia del tratamiento, lo cual puede producir trastornos que pueden afectar a otras operaciones posteriores, el tiempo de retención mínimo recomendado para la pre sedimentación es de 3h.segun **Huisman sedimentación 1992**

Normalmente las cubas de sedimentación se diseñan para la coagulación química o el ablandamiento. Pueden construirse de acero u hormigón con una amplia gamas de formas y mecanismos de flujo, para minimizar los efectos de un posible cortocircuito y

flujo turbulento, se realiza un cuidadoso diseño hidráulico eficaz de las estructuras de entrada y salida en todos los estanques (9).

1.7.1.2.2 PROCESOS COMPLEMENTARIOS DE MEJORA.

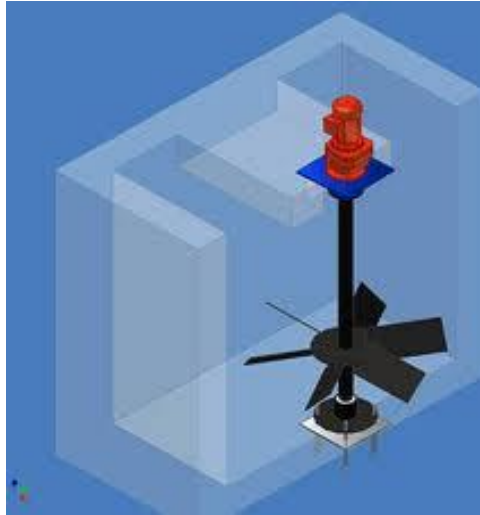
Coagulación.- La coagulación o (mezcla rápida), generalmente seguida por la filtración, es el proceso más utilizado para la eliminación de las sustancias que producen turbidez en el agua. Estas sustancias son en su mayoría minerales arcillosos y organismos microscópicos de muy diversos tamaños, desde los que precipitan rápidamente, hasta los de menor tamaño que pueden permanecer en suspensión durante largos periodos de tiempo.

De este modo, para un agua dada, habrá una interrelación óptima de condiciones tales como el pH, la turbidez, la composición química del agua, el tipo de coagulante y de factores físicos tales como la temperatura y las condiciones de mezcla. Estas interrelaciones son tan complejas que por el momento es imposible predecir, desde bases puramente teóricas, la dosis óptima de coagulante para un agua en particular

Entre los coagulantes primarios más comunes se encuentran los basados en hierro o aluminio, la cal y los polímeros. El sulfato de aluminio, más conocido como alúmina, es bastante efectivo para valores de pH de entre 5.5 y 8.0. El aluminato sódico se utiliza en casos especiales o como adición en una coagulación secundaria de las aguas superficiales muy coloreadas y en el ablandamiento con cal. El sulfato férrico reacciona con la alcalinidad y es efectivo en un amplio rango de pH. Cuando el pH es bajo, elimina el color, mientras que si el pH es alto, elimina el hierro y el manganeso. El cloruro férrico también reacciona con la alcalinidad, pero tiene un uso limitado en el tratamiento de aguas. Los polímeros actúan bien produciendo y mejorando el floculo.

Floculación.- Usualmente la floculación se produce por agitación mecánica, lo que produce el movimiento de una masa del fluido y se conoce comúnmente como proceso unitario de floculación, como se indica en el grafico 1-5

Figura 1-5Floculador



Fuente: Aguamarket

La fase de floculación dentro del proceso de tratamiento del agua consiste en la agregación o el crecimiento de la suspensión coloidal desestabilizada. La floculación sigue a la desestabilización y en algunos momentos solapa con ella. Esta desestabilización está controlada esencialmente por la química del proceso en la cual la floculación es la parte del transporte que resulta de las colisiones entre las partículas coloidales desestabilizadas, lo que conduce a la formación del floculo³.

Se identifican generalmente dos grandes mecanismos de floculación:

- La perikinesis, que es la agregación resultante del movimiento térmico al azar de las moléculas del fluido y es significativa para partículas menores de 1 o 2 mm.

³Floculo.-Masa que es formada por la acumulación de partículas suspendidas que colisionan entre si

- La ortokinesis, que es inducida por los gradientes de velocidad en el fluido. Este último es el predominante en el tratamiento de aguas, además la fluctuación de velocidades puede provocar también el contacto entre partículas, conduciendo a la agregación.(10)

1.7.1.3 TRATAMIENTOS TERCIARIOS

Consisten en procesos físicos y químicos específicos con los que se consigue depurar las aguas de contaminantes concretos:” fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, etc.”. Es un tipo de tratamiento más costoso que los anteriores y se usa en casos más especiales como por ejemplo para purificar desechos de algunas industrias. Algunas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario. Se ha empleado la filtración rápida en arena para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno.

Los tratamientos terciarios de afino, refino o avanzada, se realizan para eliminar de forma específica los contaminantes que todavía quedan en el agua, bien porque aún no han sido tratados, bien porque queda el nivel de fondo que no ha podido quitarse en los tratamientos anteriores.

El objetivo de estos tratamientos es reducir o eliminar totalmente los sólidos en suspensión y disueltos, la DBO₅ y la DQO, el nitrógeno, el fosforo y el potasio; los detergentes, las sustancias toxicas, el sabor, color y olor del agua.

“El tratamiento que se utilice depende del uso que se vaya a dar al agua depurada: agricultura, usos urbanos no potables, evacuación al mar o aguas subterráneas, piscicultura, usos industriales, etc.”(CEDEX, 1990)

De entre los posibles tratamientos terciarios, los más importantes son:

Filtración.- Se separan los materiales en suspensión y coloidales procedentes de los tratamientos anteriores. Al quedar retenidos en la malla, forman una torta a la que se pueden absorber otras sustancias, aumentando el poder de retención de partículas; sin embargo, produce una disminución en la carga que debe ser compensada con un sistema de bombeo; la mayor presión puede provocar la rotura del material filtrante. Los filtros más utilizados son de gravedad y de vacío, y tienen la ventaja de que admite grandes volúmenes de agua a tratar.

La filtración se define como el paso de un fluido a través de un medio poroso para eliminar la materia contenida en suspensión, en la purificación del agua, entre la materia a eliminar se incluye arcilla, arena, coloides y microorganismos en suspensión.

El tamaño y la consistencia de los floculos son de vital importancia en el proceso de filtración. En el agua de entrada a los filtros, el tamaño de estas partículas puede variar entre los 2 mm y menos de 0.1 mm. En un filtro que contenga un medio filtrante

Redondeado, el tamaño de los poros puede ser entre el 15 y 40 por ciento del diámetro de las partículas. De este modo, el tamaño de los poros en una capa de arena de 0.5 mm variara entre los 0.1 y los 0.2 mm. En medios gruesos y angulosos, como la antracita de 1.2 mm, debido a su mayor porosidad, los poros son más grandes, de entre 0.3 y 0.6 mm.

En los últimos años, los filtros de arena han sido sustituidos, en muchos de los casos, por filtros de medio mixto o mezclado. Consisten en medios de diferente densidad y

tamaños variables en un intento de aproximarse a una graduación inversa de tamaños.

Dos de los esquemas más comunes aplicados a la filtración del agua potable son:

- ❖ Medio dual, compuesto por carbón de antracita grueso (su peso específico es de 1.4 a 1.6 aproximadamente) de un espesor de 12 pulgadas (30.5cm) aproximadamente.
- ❖ Configuración de medio mezclado, que utiliza carbón (su peso específico es de 1.4 a 1.6 aproximadamente), arena de sílice (su peso específico es de 2.6) y arena de granate (de peso específico 4.5 aproximadamente)

Ambos filtros son un intento por crear un mecanismo ideal para la filtración habilitando medios en los que las partículas mayores (2mm) quedan en la parte superior y las más pequeñas (0.2mm) en la inferior (es decir, la graduación inversa). Los filtros de medios granulares pueden utilizarse con o sin pre tratamiento de coagulación y sedimentación, para la eliminación de sólidos, de ablandamiento de cal para los precipitados pesados o de precipitación de hierro y magnesio en los suministros de agua procedentes de pozos (11).

Figura 1-6Filtro



Fuente: filtros@/com

1.7.1.4 **DESINFECCIÓN**

Luego de la filtración se procede a un eficiente sistema de cloración de manera de asegurar la inocuidad del agua. Las publicaciones técnicas de la subsecretaría de saneamiento Ambiental, recomienda aplicar 1 mg/L de cloro como mínimo y ajustarla gradualmente para obtener 0,2 – 0,5 mg/L de cloro residual libre en el punto más lejano de la red de almacenamiento el volumen se determina tomando en cuenta factores como temperatura, tiempo y concentración. La radiación Ultravioleta es el método natural más efectivo para la desinfección y esterilización tanto de agua como de aire y superficies. Para lo cual se Aprovechan el poder germicida (254 nm) de Onda corta (UV-C) para lograr una eliminación hasta del 99.9% de los virus y las bacterias.

Factores que influyen en la desinfección

- **Influencia de la concentración inicial de bacterias:**

Se realizaron experiencias, en el sistema con reactor batch, para evaluar la influencia de la concentración inicial de bacterias en la desactivación de *E. coli*; para tal efecto se varió esta concentración entre 10⁷ y 10² UFC/mL y en cada caso se siguió el proceso hasta desactivación total. Los resultados confirmaron que se requieren tiempos más largos cuando la concentración inicial de bacterias es más alta. Sin embargo, la velocidad de desactivación calculada para una inactivación total es 10⁴ veces más alta para una concentración inicial de 10⁷ UFC/mL que para una de 10² UFC/mL. También, se constató un aumento de la velocidad inicial de desactivación, en función de la concentración inicial bacteriana

- **El pH:**

Teniendo en cuenta que el pH del agua puede afectar no sólo las bacterias sino también la carga superficial del foto catalizador y de esta manera favorecer o no la adsorción de estas en la superficie del foto catalizador y por consiguiente su desactivación, se analizó el efecto del pH de la suspensión durante la desactivación de la *E. coli*. En los experimentos de desinfección foto lítica y foto catalítica, cuando se modificó el pH inicial de la suspensión entre 4 y 9 no se observó un efecto sistemático sobre la velocidad de desinfección (k global similar). Sin embargo, la modificación del pH durante la iluminación por adición de HCl, en un sistema foto lítico aumentó en gran proporción la desactivación de las bacterias. (12)

1.8 DISEÑO

1.8.1 CAUDAL

En dinámica de fluidos, caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Para determinar el caudal del agua se utilizó el método del objeto flotante, el cual consiste en el siguiente procedimiento:

- Ubicar en el canal un tramo aproximando 10m (L) y de sección uniforme. Marcar el punto P_o al inicio del tramo y el punto P_f final del tramo seleccionado.
- A la altura del punto P_o soltar un pequeño tallo seco y anotar el tiempo (t) (seg) que demora en desplazarse hasta la altura P_f . Realice por lo menos 5 mediciones. Del tiempo (t) y saque un promedio para realizar el cálculo de la velocidad.

Calcular la velocidad (v) del agua utilizando la siguiente fórmula:

$$v = \frac{L}{t}$$

Ec:1-1

Dónde:

v = velocidad del agua (m/s)

L= longitud del tramo (m)

t = tiempo (s)

Observar el tipo de terreno del canal para seleccionar el factor de corrección (C) del caudal

Tabla 1-6 Factores de corrección para el cálculo del caudal

TIPO DE TERRENO DEL CAUDAL	FACTOR DE CORRECCIÓN (C)
Canal de concreto	0.8
Canal de tierra	0.7
Arroyo quebrado	0.3

Fuente: www.turbinas3hc.com

Calcular el caudal a partir de la siguiente fórmula:

$$Q = C * v * A$$

Ec:1-2

Dónde:

- ❖ Q= caudal (m³/s)
- ❖ v= velocidad del agua (m/s)
- ❖ A= área de la sección
- ❖ C= factor de corrección

Caudal de Diseño: Para calcular el caudal de diseño se emplea el factor de mayo ración (FM) correspondiente al 30% de la **Tabla 1-7**

1.8.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL HOMOGENIZADOR.-

El volumen del depósito de homogenización, depende del caudal vertido y del régimen de trabajo. En general, se debe calcular un volumen al menos igual al caudal total vertido.

- **Cálculo del área del homogenizador:** La altura del tanque se considera por diseño de construcción de 2m.

$$A = \frac{Q*t}{h} \text{Ec:1-3}$$

Dónde:

- ❖ Q =caudal m^3/s
- ❖ t =tiempo de descarga(h)
- ❖ h = altura (m)

- **Calculo del volumen del homogenizador:**

$$V = Ah \text{ Ec:1-4}$$

Dónde:

- ❖ A = área (m^2)
- ❖ H = altura (m)

- **Mezcladores estáticos**

Esta clase de mezcladores se utiliza a menudo para mezclar reactivos químicos con el agua a tratar. Potencia necesaria para mezcladores estáticos: La cantidad de potencia consumida en mezcladores estáticos se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$P = \gamma Qh \text{ Ec:1-5}$$

Dónde:

- ❖ P = potencia disipada (kw)
- ❖ γ = peso específico del agua (Kn/m^3)
- ❖ Q = caudal (m^3/s)
- ❖ h = pérdidas de energía por el fluido en su paso por el mezclador estático (m)

1.8.2 COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN:

La materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño ($10^{-6} - 10^{-9}\text{m}$), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbana y potable como industriales. Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe_{3+} , Al_{3+}) junto con polielectrolitos⁴ orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación:

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen constar de dos partes bien diferenciadas: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se somete el agua a una fuerte agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de conseguir una buena y rápida mezcla de reactivos y coloide para llevar a cabo la coagulación. A continuación se pasa a una zona donde la agitación es mucho menos intensa y donde el agua permanece más tiempo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia en suspensión tiene unas características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica (13)

⁴*Poli electrolitos.-son polímeros que contengan gran cantidad de electrolitos sean estos positivos o negativo*

Tabla 1-7 Características de algunos reactivos coagulantes

Coagulante	Dosis (mg/l)	pH óptimo	Aplicaciones
Ca l	150-500	9-11	(1) Eliminación de coloides
Al ₂ (SO ₄) ₃ FeCl ₃	75-250 35-150	4,5-7 4-7	(1) Eliminación de coloides Eliminación de coloides (2)
FeCl ₂	70-200	4-7	Eliminación de coloides (2)
FeSO ₄ ·7H ₂ O	75-210	4-7	Eliminación de coloides (3)
polímero catiónico	-	2-5	Eliminación de coloides (3)
Polímero aniónico y no iónico	0,25-1,0	-	Ayudante de floculación y sedimentación

Fuente: Potabilización de Agua(oxfon)

(1) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con baja alcalinidad y alta concentración de fósforo

(2) Eliminación de coloides y de fósforo. Agua con alta alcalinidad y baja concentración de fósforo

(3) Eliminación de coloides. Ayudante con coagulantes metálicos

- **Gradiente de Velocidad:**

Un parámetro frecuentemente utilizado para expresar la energía suministrada es el gradiente temporal de velocidad media G. (que tiene dimensiones de 1/tiempo).

$$G = \left(\frac{P}{\mu V} \right)^{1/2} \text{ Ec:1-6}$$

Dónde:

- ❖ P= Es la energía disipada en el agua, W (ft*lb/s).
- ❖ V= Es el volumen del tanque o deposito, o el volumen de agua al que se aplica la energía, ft³(m³).
- ❖ μ = Es la viscosidad absoluta del agua, lb*s/ft²(N*s/m²)

- **Tiempo de Floculación**

La intensidad de mezcla óptima puede calcularse usando la relación mostrada a continuación.

$$T(G^*) = \frac{44 * 10^5}{C}$$

Ec:1-7

Dónde:

- ❖ T= Tiempo de floculación, min.
- ❖ G*= Intensidad de mezcla optima, s⁻¹
- ❖ C= Dosis de Cloruro Férrico, mg/L.
- ❖ 44*10⁵= Constante empírica.

Si el valor de G calculado es menor de (1 s⁻¹), no se lograra una mezcla adecuada. Esta condición puede corregirse disminuyendo el tiempo de retención o modificando la dosis química.

1.8.3 SEDIMENTADOR:

- **Tiempo de Retención Hidráulico**

Es el tiempo que demoraría una partícula en recorrer la longitud del sedimentador en sentido horizontal desde el momento de su entrada al sistema.

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

Ec:1-8

Dónde:

- ❖ Trh = Tiempo de retención hidráulico en h.
- ❖ Q = caudal a tratar en m^3/h
- ❖ V = Volumen en m^3

El equipo de eliminación debe diseñarse para resistir la elevada acción abrasiva del lodo. En la cubeta de pre sedimentación donde la arena y la arenisca silíceas son un problema y en las plantas de ablandamiento donde se elimina el lodo de cal, es muy importante el diseño cuidadoso de las palas, y las partes con desgaste deben situarse por encima de la línea del agua.

Puede calcularse la fuerza exigida para mover los colectores de lodo mecánicos según la ecuación.

$$F = fWn = fA$$

Ec:1-9

Dónde:

- ❖ F= La fuerza en el cable o cadena, kg(lb).
- ❖ f= El factor de carga, lb(kg/m).
- ❖ W= La anchura de la cuba (longitud del cabezal, pala o cangilón), pies (m).
- ❖ n= El número de cabezal, pala o cangilones en contacto con el lodo.
- ❖ A= El área total de todas las palas en contacto con el lodo, pies²(m²)
- **Cargas de superficie.-** Los tanques de sedimentación se suelen dimensionar en función de la carga de superficie, expresada en m³/m². La adopción de una carga de superficie adecuada depende del tipo de suspensión que se deba sedimentar la tabla 1-8 presenta la información típica para el diseño de tanques de sedimentación primaria.

Tabla 1-8 Información típica para el diseño de sedimentación primaria

CARACTERISTICAS	INTERVALO	TIPICO
Sedimentación primaria		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m³/m²*día		
A caudal medio	30-50	40
A caudal de punta	80-120	100
Carga sobre vertero, m ³ /m ² *día	125-500	250
Sedimentación primaria con adición del lodo en exceso:		
Tiempo de retención, h	1.5-2.5	2
Carga de superficie, m³/m²*día		
A caudal medio	24-32	28
A caudal de punta	48-70	60

Fuente: Metcalf& Eddy, 1996

Los efectos de la carga de superficie y del tiempo de retención sobre la eliminación de sólidos suspendidos varían ampliamente en función de las características del agua residual, de la proporción de sólidos sedimentables y de la concentración de sólidos, principalmente. Es conveniente poner especial atención en el hecho de que las cargas de superficie deben ser lo suficientemente reducidas como para asegurar el rendimiento de las instalaciones en condiciones de caudal de punta.

1.8.3.1 *DIMENSIONAMIENTO*

- **Área Superficial**

Según Metcalf- Eddy para determinar el área superficial del sedimentador, se utiliza la siguiente expresión:

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

Ec:1-10

Dónde:

- ❖ CS= carga superficial ($m^3/m^2 \cdot día$)
- ❖ Q= caudal (m^3/s)
- ❖ A= área (m^2)

Despejando la ecuación anterior se obtiene:

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

Ec:1-11

La carga superficial que se utiliza es la correspondiente a la tabla 1- 8, para caudal medio.

- **Volumen del sedimentador:**

El volumen es la magnitud física que se expresa la extensión de un cuerpo en sus tres dimensiones largo, ancho y altura.

$$V = L * a * h$$

Ec:1-12

Dónde:

- ❖ V= volumen del sedimentador (m³)
- ❖ L= largo (m)
- ❖ a= ancho (m)
- ❖ h= altura (m)

- **Área del Sedimentador:**

Para poder determinar el volumen del sedimentador se debe utilizar la siguiente ecuación para determinar primero el área.

$$A = L * a$$

Ec :1-13

Dónde:

- ❖ A= área del sedimentador (m²)
- ❖ L= largo (m)
- ❖ a= ancho (m)

Aplicando una relación largo-ancho 1:4, se tiene:

$$L = 4a^2$$

Ec :1-14

Reemplazando en la ecuación 14 se tiene:

$$a = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

Ec :1-15

- **Tiempo de retención:**

Por lo general, los tanques de sedimentación primaria se proyectan para proporcionar un tiempo de retención entre 1.5 a 2.5 horas para el caudal medio del agua residual. Los tanques que proporcionan tiempos de retención menores (0.5 a 1h), con menor eliminación de sólidos suspendidos, se usan en ocasiones como tratamiento primario previo a las unidades de tratamiento biológico.

En el análisis y diseño de tanques de sedimentación primaria, los efectos de la temperatura no suelen requerir atención especial. Sin embargo, en zonas de climas fríos, los incrementos de la viscosidad del agua producidos por las bajas temperaturas pueden retardar la sedimentación de las partículas y, consecuentemente, reducir la eficiencia del proceso de separación de sólidos cuando las temperaturas bajen de los 10°C.

El tiempo de retención se calcula a partir de la siguiente ecuación:

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

Ec:1-16

Dónde:

- ❖ V=volumen (m³)
- ❖ Q= caudal (m³/s)

- **Velocidad de arrastre.-** La velocidad de arrastre es importante en las operaciones de sedimentación. Las fuerzas actuantes sobre las partículas sedimentadas son causadas por la fricción del agua que fluye sobre las mismas. En los tanques de sedimentación, las velocidades horizontales se deben mantenera niveles bajos, de modo que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque. La velocidad crítica viene dada por la siguiente ecuación desarrollada por Camp, a partir de estudios realizados por Shields (1936)

$$Vh = \frac{8k(s - 1)gd^{1/2}}{f}$$

Ec:1-17

Dónde:

- ❖ V_h = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas
(m/s)
- ❖ k = constante que depende del tipo de material arrastrado.
- ❖ S = peso específico de las partículas.
- ❖ g = aceleración de la gravedad.
- ❖ d = diámetro de las partículas.
- ❖ f = factor de fricción de Darcy- Weisbach.

Los valores más comunes de k son 0.04 para arena unigranular, 0.06 para materia más agregada. El factor de Darcy- Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo del número de Reynolds, sus valores típicos están entre 0.02 y 0.03. Tanto k y f , son constantes adimensionales.

- **Velocidad Horizontal**

Esta velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula de la siguiente manera:

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

Ec:1-18

Dónde:

- ❖ V_h = velocidad horizontal (m/s)
- ❖ Q = caudal (m^3/s)
- ❖ A = área del **sedimentador** rectangular (m^2)

1.8.4 FILTROS DE ACCIÓN LENTA:

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). En aguas industriales hay más variedad en cuanto al material filtrante utilizado, siendo habitual el uso de Tierra de Diatomeas. También es habitual, para mejorar la eficacia, realizar una coagulación-floculación previa.

Figura 1-7 Filtro de dos etapas



Fuente: Filtros.com

Equipo purificador de agua de filtración que elimina el cloro, bacterias, sedimentos, metales pesados e impurezas. El agua queda limpia, libre de sabores, olores y apta para

el consumo humano. Incorpora un tratamiento germicida por medio de luz ultravioleta, componente ideal para los múltiples problemas de contaminación del agua. (14)

CARACTERÍSTICAS:

- Temperatura de trabajo 4 a 40°C. PH 6 a 8,5.
- Caudal máximo 4 l/min a 4,20 kg/cm².
- Presión de trabajo 0,35 a 7,4 kg/cm².
- Alimentación 230V/ 50Hz PH 6 a 8,5.
- Dimensiones (cm): 27 ancho, 36 alto, 15 prof.

ELEMENTOS DEL SISTEMA:

- **Primera etapa** (filtro de sedimentos) que elimina las partículas de polvo, óxidos y sólidos en suspensión
- **Segunda etapa** (filtro de carbono activo) que reduce el cloro y los compuestos que originan el mal sabor y olor del agua.
- **Luz ultravioleta** la cual elimina las bacterias Coliformes, virus, salmonella, hongos, algas, guardia cysticercos, amibas.

MANTENIMIENTO:

- La duración de los filtros es de 18 a 24 meses (aprox.).
- La lámpara ultravioleta hay que cambiarla cada 2 años.

1.8.5 DESINFECCIÓN:

- **Cálculo del peso del Hipoclorito de sodio**

$$P=Q*dEc:1-19$$

Dónde:

P=Peso del cloro (g/h)

Q=Caudal del agua a clorar (m₃/h)

d= dosificación adoptada (g/m₃)

- **Calculo del Peso del producto comercial**

$$Pc= (P*100)/rEc:1-20$$

Dónde:

Pc= Peso del producto comercial (g/h)

r= Porcentaje de cloro activo que contiene el producto (%)

- **Cálculo de la solución requerida:**

$$qs=(Pc*100)/cEc:1-21$$

Dónde:

qs= Solución requerida (L/h)

c= concentración de la solución (%)

Asumiendo que la densidad de la solución es 1Kg/L

- **Volumen de la Solución**

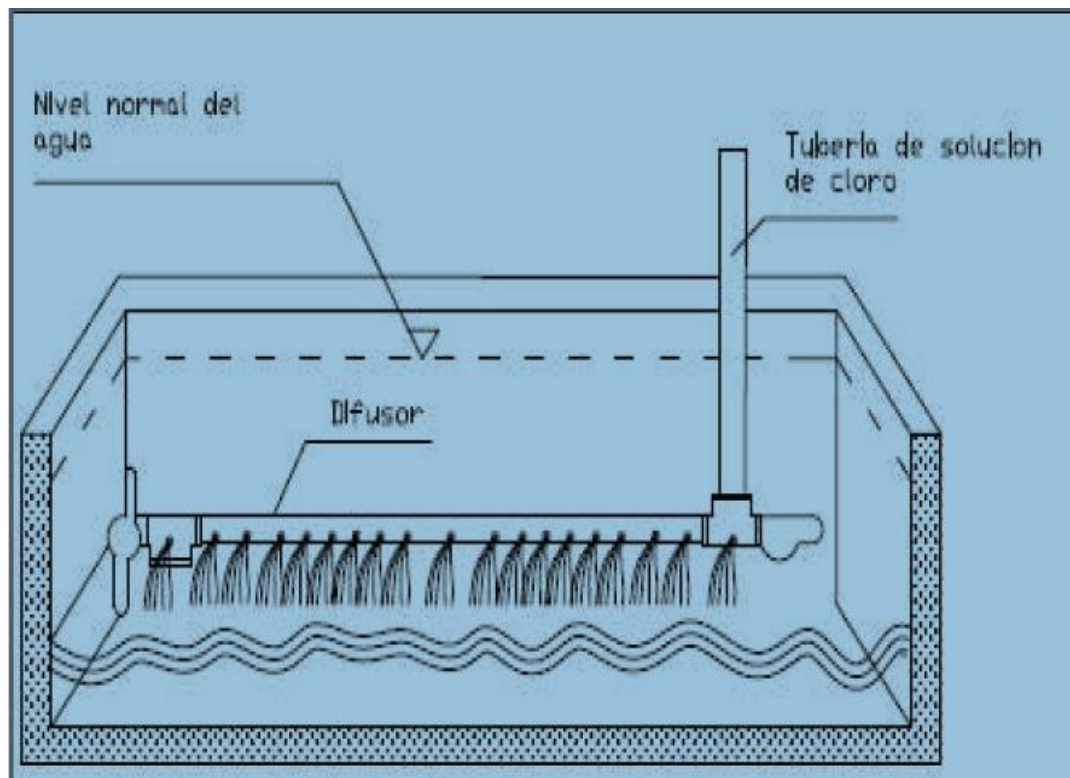
$$V_s = q_s * t \quad \text{Ec:1-22}$$

Dónde:

V_s = volumen de la solución

t = tiempo de uso de las tinajas de difusión

Figura 1-8 DISPOSITIVO DE DESINFECCIÓN



Fuente: Tratamiento de las aguas Residuales Metcalf Y Eddy

CAPITULO II

PARTE

EXPERIMENTAL

Capítulo 2

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Localización

Muestreo: El proceso de muestreo se realizó en la Planta De Lácteos Tunshi-ESPOCH. Vía a Licto.

2.2 Tipo de muestreo

El tipo de muestreo a utilizar en el presente trabajo de investigación está fundamentado en el STANDARD METHODS *2310 A Y B, para la toma de muestras del agua y realizar posteriormente el análisis de caracterización de las mismas.

Tabla 2-1 FRECUCENCIA Y NÚMERO DE MUESTRAS

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
Métodos de selección de muestras de una población para el estudio de un aspecto específico de los elementos que la componen	Recipiente de plástico transparente o vidrio de capacidad de 500ml	Recoger 3 tipos de muestra, cada una en un volumen aproximado a 500 ml

Además al momento de la toma de muestras se debe realizar las siguientes pruebas

- Control del pH
- Determinación de la temperatura del agua
- Determinación de la temperatura ambiente

2.2.1 Metodología de trabajo

Las pruebas de caracterización se realizaron: En el laboratorio de Análisis Técnicos de la Facultad de Ciencias y en el Centro de Servicios técnicos y Transferencia de Tecnológica Ambiental CESTA de la ESPOCH, ubicados en el cantón Riobamba. Enmarcándose en la Norma INEN 1108 de agua potable.

Tabla 2-2METODOLOGÍA DE TRABAJO

# Semana del mes de noviembre	# de muestras	Hora	Lugar
1	2	Por la mañana	Canal de captación
2	2	En la tarde	Canal de captación
3	2	Por la mañana	Canal de captación
4	2	Por la mañana	Canal de captación
Nuero total de muestras	8		

2.2.2 Caracterización Del Agua de Alimentación

Para la primera caracterización, se tomaran 6 muestras por semana durante tres semanas para la primera determinación del influente de agua y se realizara los análisis de laboratorio respectivos, lo cual nos ayudara a diagnosticar las condiciones iniciales del agua. Posteriormente se realizara la segunda caracterización para obtener resultados confiables.

2.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.3.1 MÉTODOS

En el presente anteproyecto de estudio se aplicara el denominado método experimental, utilizando como procesos lógicos la inducción y la deducción ya que es necesario conocer los hechos más importantes que se llevan a cabo en la planta de lácteos es decir las variables que se presentan en el análisis del problema de estudio para poder llegar a un adecuado diseño de sistema de tratamiento.

2.3.1.1 *Inductivo*

Este método permitirá establecer conclusiones generales derivadas precisamente de la observación sistemática y periódica de los hechos que ocurren en torno al objeto de estudio, con el fin de descubrir relaciones constantes derivadas del análisis y en base a ellas establecer hipótesis que de comprobarse alcanzarían el rango de leyes.

- La observación se realiza continuamente para el diagnóstico técnico de las descarga de agua.
- La experimentación ha de realizarse a nivel de laboratorio para ejecutar la caracterización de las aguas de alimentación

Tabla 2-3DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
pH	Electrométrico	Se utiliza el electrodo de cristal
TURBIEDAD	Nefelométrico	Se utiliza el turbidímetro
SOLIDOS TOTALES ,DISUELTOS	Electrométrico	Usar el electrodo de cristal adecuado para lectura de sólidos totales
ALCALINIDAD	Volumétrico	Tomar 50mL+4 gotas de anaranjado de metilo, valorar con ácido sulfúrico 0,02 N(mL valorados x 20)
DUREZA	Volumétrico	Tomar 50mL+ 1ml de buffer de dureza + 1 porción de negro de ericromo T en polvo valoramos con EDTA(mL valorados x 20)
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	Se lo determina con el conductímetro
NITRITOS Y NITRATOS	Espectrofotométrico	Sumergir la tira por 30 s comparar. Colocar los reactivos indicados en el manual y leer los resultados
HIERRO	Espectrofotométrico	Colocar los reactivos indicados y leer el manual
MICROBIOLOGICO (Coliformes fecales, totales)	Sembrado	Luego de esterilizar el equipo de filtración de membrana se siembra se deja 24 h. y se realiza el conteo de las colonias.

Fuente: Diego Cáceres

2.3.2 TÉCNICAS

2.3.2.1 *Análisis*

Consiste en descomponer el objeto que se investiga en sus diferentes elementos o partes, en aislar sus diferencias y comunicarle la forma de una universalidad abstracta.

2.3.2.2 *Síntesis*

Procede hacia la comprensión de lo que existe, es decir, procede a captar la multiplicidad de las determinaciones en su unidad.

2.3.3 Pruebas de Laboratorio

Los ensayos realizados en el agua, se enmarcan dentro de las normas y técnicas de la APHA / AWWA / WEF, ASTM, EPA, DIN, INEN con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los resultados y cumplir con las normas de control de calidad en los análisis y ofrecer resultados técnicamente confiables, por lo que utilizaremos el método analítico

2.3.3.1 *Determinación de Aceites y Grasas Método 5530-C*

Tabla 2-4Determinación de Aceites y Grasas

Fundamento	Objetivo	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.</p>	<p>Ciertos componentes medidos por análisis de aceites y grasas pueden influir en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales, si se presentan en cantidades excesivas pueden inferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios y llevan a reducir la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.</p>	<p>-Embudo de separación -Matraz de destilación -Baño de agua -Papel filtro (diámetro 11cm)</p>	<p>Tome un volumen de 1ml de muestra y marque el nivel de la muestra en la botella. Acidifíquela hasta un pH de 2 inferior con 5ml de HCl, pásela por un embudo. Enjuague con cuidado la botella de la muestra con 30ml de triclorotrifluoroetano añada los lavados del disolvente al embudo de separación. Dejar Que separe las dos capas y luego drene la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación limpio y tarado si no es posible. Si no es posible obtener una capa clara de disolvente añadir 1g de sulfato de sodio y drene</p>	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante: mg de aceite y grasas $m/L = \frac{(A - B) * 1000}{ml \text{ de muestra}}$ Dónde : a A= la ganancia total del peso B= peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.2 *Determinación del pH 4500-B*

Tabla 2-5 Determinación del pH

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>El principio básico de la determinación electrométrica del pH es la medida de la actividad de los iones hidrogeno por mediciones potenciométricas utilizando un electrodo patrón de hidrogeno y otro de referencia.</p>	<p>La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua.</p> <p>Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <p>Medidor de pH</p> <p>Electrodo de referencia</p> <p>Vaso de precipitación</p> <p>Agitador</p> <p>Cámara de flujo</p>	<p>Preparación general:</p> <p>Calibre el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido.</p> <p>Tomar un cantidad de agua en un vaso de precipitación agítese, mida el pH.</p>	<p>La escala operativa del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:</p> <p>$pH_b = pH_{\text{asignado al tampón}}$</p> $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2.303 RT}$ <p>$pH_x = pH$ de la muestra medido potenciométricamente</p> <p>$F = \text{Faraday } 9,649 \times 10^4 \text{ culombios/mol}$</p> <p>$E_x = \text{muestra fem, V}$</p> <p>$E_s = \text{tampón fem, V}$</p> <p>$R = \text{constante de los gases } 8,314 \text{ julio}/(\text{mol} \cdot ^\circ\text{K})$</p> <p>$T = \text{temperatura absoluta } ^\circ\text{K}$</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.3 *Determinación de la DBO Método 5210-B*

Tabla 2-6 Determinación de la DBO

Fundamento	Objetivo	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Consiste en llenar con una muestra hasta rebosar un frasco hermético de un tamaño especificado e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días.</p> <p>El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.</p>	<p>Consiste en llenar con una muestra hasta rebosar un frasco hermético de un tamaño especificado e incubarlo a temperatura establecida durante 5 días.</p> <p>El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación el ROB se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.</p>	<p>Equipo de DBO</p> <p>Botellas de incubación</p> <p>Grasa</p> <p>Tampones de Copa</p> <p>Capsula magnética</p> <p>Probeta graduada</p> <p>Termómetro</p> <p>Embudo.</p>	<p>Caliéntese o enfríe la muestra hasta 2°C de la temperatura de incubación</p> <p>(20°). Usando una probeta graduada limpia vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura Coloque una barra magnética para mezclar en cada botella de muestra Añada el contenido de un sobre de Buffer nutritivo para DBO a cada botella para el crecimiento óptimo de las bacterias si las características de la muestra original lo requiera. Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. Usando un embudo adicione el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, coloque las botellas en el equipo.</p> <p>Coloque el equipo en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a 20 ± 2 °C.</p>	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROB5 = \frac{(D1 - D2)}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROB5 = \frac{(D1 - D2) - (B1 - B2) * f}{P}$ <p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación mg/L</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C mg/L</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación mg/L</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.4 Determinación de Sólido Suspendido Método 2540-D

Tabla 2-7 Determinación de Sólido Suspendido

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante. El aumento de peso representa los sólidos totales en suspensión.</p>	<p>Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capsulas de Porcelanade 90mm de diámetro Desecador Papel filtro Horno desecador Balanza analítica 	<p>Calentar: la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla</p> <p>Análisis de la muestra:</p> <p>Coloque un aparato de filtrado, filtre un volumen determinado de la mezcla, lave la mezcla con agua destilada, el filtro colóquelo en una placa de aluminio o crisol, séquelo en la estufa a 103-105°C durante 1h, enfríelo en un desecador hasta que tenga un peso constante.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> <p style="text-align: center;">mg de solidos totales</p> $= \frac{(A - B) * 1000}{\text{ml de muestra}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.5 *Determinación de Coliforme Fecal Norma INEN 1108*

Tabla 2-8 Determinación de Coliforme Fecal

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento
<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables.</p> <p>Los estreptococos fecales son:</p> <p>Bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre</p> <p>Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>	<p>Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, por lo cual se prefiere utilizar los Coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>	<p>Cajas Petri</p> <p>Pipetas</p> <p>Autoclave</p> <p>Estufa</p> <p>Disco filtrante</p> <p>Agar de Plata</p> <p>Agua destilada</p> <p>Pinzas</p> <p>Papel filtro</p> <p>Matraz Kitasato</p>	<p>Consiste en los siguientes: un disco filtrante estéril se pone en la unidad de filtración.</p> <p>Se hace pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas de Petri de tamaño especial, las cuales se incuban.</p> <p>Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración.</p> <p>La placa Petri conteniendo el disco filtrante con el residuo se lleva a estufa termos atizada a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y Coliformes totales, o a 44,5 °C para la de Coliformes fecales, durante un período de 24 horas.</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.6 *Determinación de Sólidos Disueltos Método 2540-C*

Tabla 2-9 Determinación de Sólidos Disueltos

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Se filtra una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio posteriormente, el filtrado se evapora hasta que se seque en una placa pesada y secada a peso constante. El aumento del peso de la placa representa los sólidos totales</p> <p>Disueltos</p>	<p>Los sólidos son materiales suspendidos, o disueltos en aguas limpias o residuales, los cuales afectan negativamente a la calidad del agua o a sus suministros de varias maneras.</p> <p>Las aguas con abundante cantidad de sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción física desfavorable</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <p>Placas de evaporación</p> <p>Capsulas de Porcelana</p> <p>Platino</p> <p>Vaso alto de sílice</p> <p>Mufla</p> <p>Baño de vapor</p> <p>Desecador</p> <p>Balanza analítica</p> <p>Discos de filtrado</p> <p>Aparato de filtrado</p> <p>Embudo</p> <p>Crisoles de Gouch</p> <p>Matraz</p> <p>Estufa</p>	<p>Calentar: la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1 hora la conservamos en el desecador y la pesamos inmediatamente antes de usarla</p> <p>Análisis de la muestra: fíltrese un volumen medido de la muestra, lavarse con volúmenes de agua 10ml drene durante 3min, transfiera el filtro evapórela a baño María, después séquelo en la estufa a 103-105°C durante 1h, enfríese en el desecador pese. Repita el ciclo hasta obtener un peso constante.</p>	<p>Para la determinación de los sólidos totales utilizamos:</p> $\text{mg de solidos} \frac{\text{totales}}{\text{L}} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{ml de muestra}}$ <p>Dónde:</p> <p>A= peso de residuo seco + placa mg</p> <p>B= peso de la placa en mg</p>

Fuente: *Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables*

2.3.3.7 *Determinación de la DQO Método 5220-C*

Tabla 2-10 Determinación de la DQO

Fundamento	Objetivos	Materiales	Procedimiento	Cálculos
<p>Una gran cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos son oxidados con una mezcla de ácido crómico y sulfúrico a ebullición, la muestra se coloca a reflujo en una disolución de ácido fuerte con un exceso conocido de dicromato de potasio. Después de la digestión el dicromato no reducido se mide por titulación o espectrofotométricamente</p>	<p>La determinación de la DQO es una prueba que se utiliza como una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte.</p>	<p>Para lo cual necesitamos:</p> <p>Reactor de DQO</p> <p>Probeta graduada</p> <p>Vaso de precipitación</p> <p>Tubos de reactivos de digestión con tapa</p> <p>Toallas de papel</p> <p>Pipetas volumétricas</p>	<p>Método de reflujo cerrado</p> <p>-Precalentar a 150°C el digestor de DQO</p> <p>-Colocar los tubos de reacción</p> <p>-Tomar cuidadosamente la muestra previamente homogeneizada</p> <p>-Añadir cuidadosamente la disolución digestora respectiva.</p> <p>-Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos.</p> <p>-Colocar todos los tubos en el digestor previamente calentados y dejar por 2h.</p> <p>-Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar</p> <p>-Medir la absorbancia en el Espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación.</p>	<p>El DQO se expresa mgO₂/L:</p> $DQO = \frac{(V1 - V2) * 800}{Vs}$ <p>Dónde:</p> <p>V1= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo.</p> <p>V2= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra.</p> <p>Vs= volumen de la muestra.</p>

Fuente: Métodos normalizados para análisis de aguas residuales y potables

2.3.3.8 Determinación de la contaminación microbiológica

Tabla 2-11 Determinación de la contaminación microbiológica

REQUISITOS	ENSAYO	STANDART METHODS
✓ Coliformes fecales	Coliformes fecales (filtración por membrana - sembrado)	PEE/M-01
✓ Coliformes totales	Coliformes totales (filtración por membrana - sembrado)	PEE/M-01

ESTÁNDART METHODS 2550 EDICIÓN 17

2.4 DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL AGUA EN LA PLANTA DE LÁCTEOS ESPOCH

2.4.1.1 *Funcionamiento de los componentes de la planta*

La planta cuenta con un caudal de alimentación de $1\text{m}^3/\text{h}$ el cual no pasa por ningún tipo de tratamiento previo para su utilización en la misma solo dispone de un sistema de almacenamiento (cisterna) de un volumen 5m^3 y de un bomba de 2Hp que garantiza que el agua fluya de manera continua.

➤ **Captación**

Fotografía 2-1 Tipo de Tubería



Fotografia 2-2Cisterna



Fotografia 2-3Bomba 2Hp



➤ **Ciclo del agua de enfriamiento:**

La planta cuenta con dos entradas de alimentación de agua, de la cual una entra directamente al suministro de agua de toda la planta y la otra se almacena en una cisterna para usar el agua para enfriar las ollas que se usan en los procesos de la planta esta corriente después de su uso pasa por el banco de hielo para nuevamente ser utilizada en los mismos procesos de enfriamiento.

Por lo que nuestro diseño solo se basa en la primera corriente de agua que ingresa a la planta ya que esta afecta directamente a todos los procesos de producción láctea es mas esta corriente ingresa a la caldera por lo que su tratamiento se hace indispensable.

Fotografía 2-4Banco de Hielo



➤ **Caldera:**

La planta dispone con de una caldera para los procesos de pasteurización, elaboración de quesos y yogur en los cuales se necesita de agua caliente, el agua que ingresa a la caldera no tiene ningún tratamiento, existe un tanque de intercambio iónico por resinas catiónicas pero no es operado adecuadamente, la regeneración de la resina y el uso adecuado del intercambiador sumado al tratamiento previo del agua que ingresa a la planta garantizaran que la caldera está libre de agua dura y que se produzcan incrustaciones.

Fotografía 2-5 Caldera



➤ **Filtro que dispone la planta**

La planta cuenta con un filtro de tres etapas con desinfección U-V, pero actualmente se encuentra sin uso por lo que en nuestro estudio del diseño se toma en cuenta este accesorio para la etapa de filtros lentos dentro del tratamiento del agua.

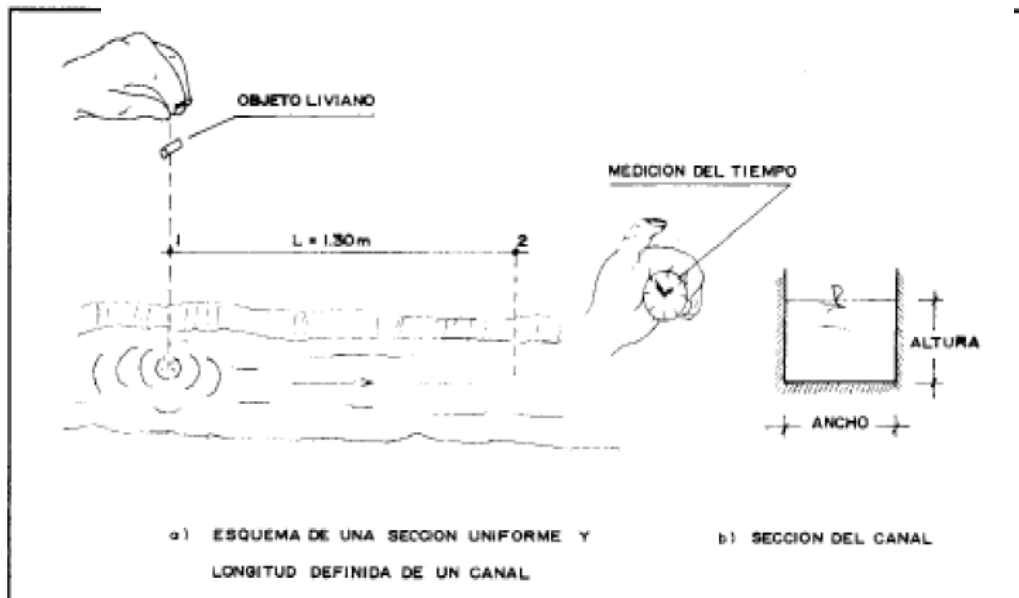
Fotografía 2-6 Filtro



2.4.2 DATOS:

2.4.2.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Figura 2-1 Aforo del agua por el método de velocidad Área



Cálculo del caudal: En base a la ecuación:

$$Q = C * v * A(d) \text{Ec:1}$$

Dónde:

- ❖ Q= caudal (m^3/s)
- ❖ v= velocidad del agua (m/s)
- ❖ A= área de la sección(diámetro de la tubería)
- ❖ C= factor de corrección

Tabla 2-12 ENSAYOS PARA DETERMINAR EL CAUDAL

Número de Pruebas	Longitud del tramo(m)	Tiempo(s)
1	10	1000
2	10	1003
3	10	997
Total		3000

Fuente: Diego A. Cáceres O.

- Tiempo promedio (t)= $3000/3 = 1000$ s
- Longitud del tramo(l)= 10m
- Factor de corrección=0.3

2.4.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS EN SU ORIGEN

Los resultados obtenidos se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 2-13ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL AGUA EN SU ORIGEN

Determinación	Unidades	Limites	Resultados
pH	Unid	6.5-8.5	7.70
Conductividad	µS/cm	<1250	1166
Turbiedad	UNT	1	0.3
Cloruros	mg/L	250	12,8
Dureza	mg/L	200	288,0
Alcalinidad	mg/L	250-300	500
Bicarbonatos	mg/L	250-300	510,0
Amonios	mg/L	0.5	0,148
Hierro	mg/L	0.30	0,028
Fosfatos	mg/L	<0.30	0,740
Solidos totales	mg/L	1000	848,0
Solidos disueltos	mg/L	500	722,9

Fuente: Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

Nota: La dureza, alcalinidad, fosfatos y nitritos se encuentran fuera de la norma establecida para agua potable en la que se basa el diseño por lo cual el tratamiento esta realizado en función de estos parámetros.

Tabla 2-14ANÁLISIS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA EN SU ORIGEN

Determinaciones	Método usado	Valor de Referencia	Resultados
Coliformes Totales UFC/100mL	Método estándar 9222B Técnica de filtración. Millipore	<1	108,6
Coliformes Fecales. <i>E. coli</i> UFC/100mL.	Método estándar 9222D Técnica de filtración. Millipore	<1	<1

Fuente: Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

Nota: Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma INEN1108 de Agua Potable, tomando en cuenta el valor de Coliformes totales que es mayor al de referencia el diseño consta con una etapa de desinfección y filtración garantizando la eficiencia del tratamiento.

2.5 DATOS ADICIONALES:

2.5.1 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO:

Para cada tipo de agua existen parámetros de diseño específicos; que optimizan los procesos, produciendo la máxima eficiencia de remoción.⁵

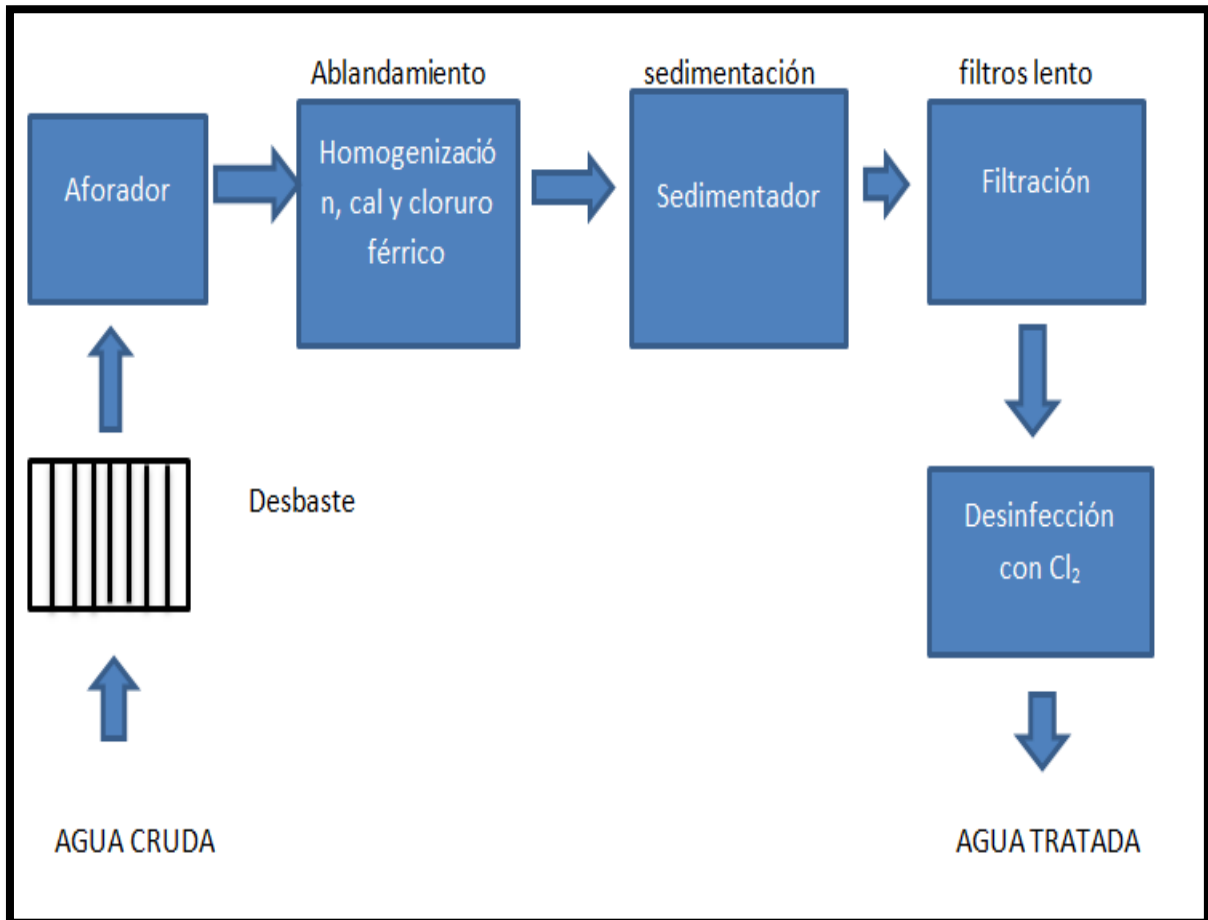
La selección del sistema de tratamiento se basa en la interrelación de los parámetros alcalinidad, dureza, nitratos, fosfatos, y las Coliformes totales. Que se encuentran fuera de la norma INEN 1108 para Agua Potable, esta caracterización corresponde al agua de alimentación de la planta de lácteos Tunshi-Epoch.

Con las condiciones mencionadas se presenta a continuación un esquema del sistema de tratamiento adecuado para las condiciones del agua de captación.

⁵*Remoción: el efecto de remover o quitar de un medio algo*

2.5.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO

Figura 2-2 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO



Fuente: Diego A. Cáceres

CAPITULO III

CÁLCULOS

3 DISEÑO

3.1 CÁLCULOS DE INGENIERÍA

3.1.1 Cálculo del caudal

De los datos obtenidos:

Tabla 3-1Parametros de diseño

PARAMETRO	VALOR
Tiempo promedio (t)	1000 s
Longitud del tramo(l)	10m
Factor de corrección	0.3

Fuente: Diego Cáceres

- **Cálculo de la velocidad del agua:** En base a la ecuación:

$$v = \frac{L}{t} \text{Ec: 3-1}$$

Dónde:

- ❖ v = velocidad del agua (m/s)
- ❖ L= longitud del tramo (m)
- ❖ t = tiempo (s)

Reemplazando tenemos:

$$v = \frac{10\text{m}}{1000\text{s}}$$

$$v = 0.010\text{m/s}$$

- **Cálculo del área de la tubería de vertido:**

Teniendo de referencia el diámetro de 0.02m.

$$A = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

Ec: 3-2

Dónde:

- ❖ A= área
- ❖ π =constante
- ❖ ϕ = diámetro de la tubería

Reemplazando tenemos:

$$A = \frac{3.16 * 0.02\text{m}^2}{4}$$

$$A = 0.01571\text{m}^2$$

- **Cálculo del caudal:** En base a la ecuación:

$$Q = C * v * A(d)$$

Ec:3-3

Dónde:

- ❖ Q = caudal (m^3/s)
- ❖ v = velocidad del agua (m/s)
- ❖ A = área de la sección(diámetro de la tubería)
- ❖ C = factor de corrección

Reemplazando tenemos:

$$Q = C * v * A(d)$$

$$Q = 0.2 * 0.010m/s * 0.01571 m^2$$

$$Q = 3.14 * 10^{-05} m^3/s$$

Cálculo del caudal de diseño.- Para calcular el caudal de diseño se emplea el factor de mayor ración (FM) correspondiente al 30%. De la **tabla 3-1**

$$Qd = Q * FM \text{Ec:3-4}$$

$$Qd = 3.14 * 10^{-05} * 30\%$$

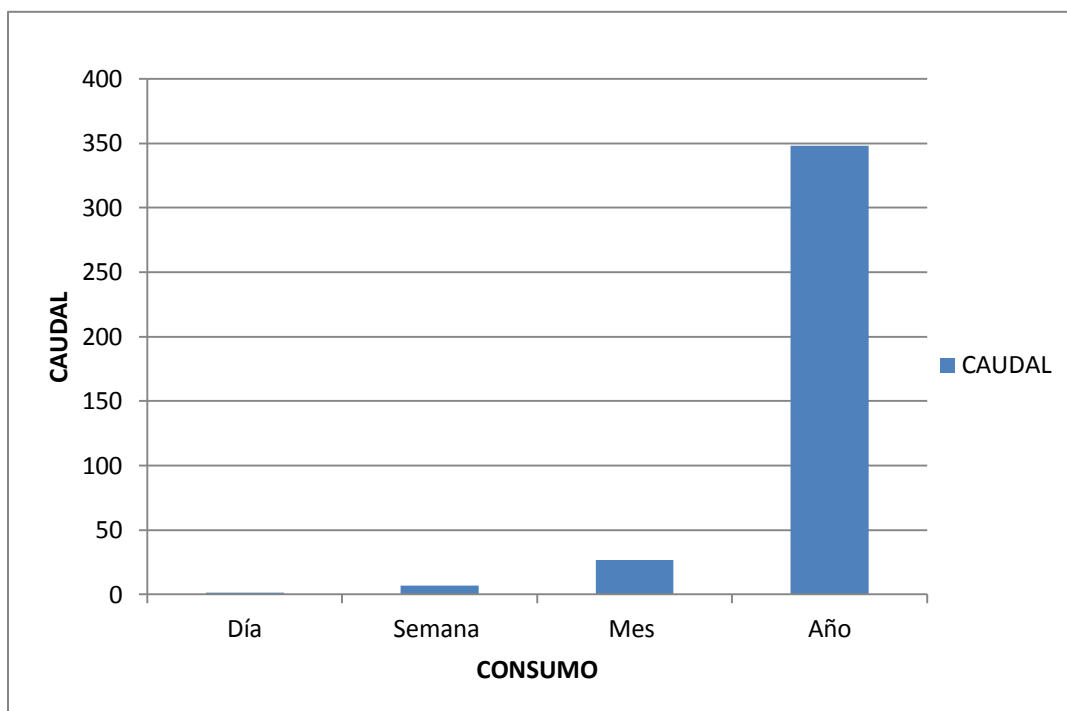
$$Qd = 4.082 * 10^{-05} m^3/s$$

Tabla 3-2 Caudales utilizados en la planta de lácteos

Días laborables	Caudal m ³	Caudal m ³ mas FM
Día	1.03	1.34
Semana	5.15	6.7
Mes	20.6	26.78
Año	267.8	348.14

Fuente: Diego A. Cáceres O.

Gráfico 3-1 CAUDAL UTILIZADO EN LA PLANTA



Fuente: Diego A. Cáceres O.

3.1.2 CÁLCULOS DEL AFORADOR

- **Área del Aforador**

$$A = \frac{Q * t}{h}$$

Ec: 3 – 5

Dónde:

- Q=caudal m³/h
- t =tiempo de descarga(h)
- h = altura (m)

Para la altura se considera por diseño de construcción de 1m

Reemplazando tenemos:

$$A = \frac{0.147m^3/h * 10h}{1m}$$

$$A = 1.47m^2$$

- **Volumen del aforador**

V = Ah Ec: 3-6

Dónde:

- ❖ A= área (m²)
- ❖ h= altura (m)

Reemplazando tenemos:

$$V = 1.47m^2 * 1m$$

$$V = 1.47m^3$$

Multiplicando el volumen por un factor de seguridad del 16%, se tiene:

$$V = 1.47m^3 * 16\%$$

$$V = 1.7m^3$$

3.1.3 CÁLCULOS DEL HOMOGENIZADOR.

El volumen del depósito de homogenización, depende del caudal vertido y del régimen de trabajo. En general, se debe calcular un volumen al menos igual al caudal total vertido, para obtener una buena agitación la geometría de diseño es cilíndrico.

- **Cálculo del área del homogenizador:** La altura del tanque se considera por diseño de construcción de 2m.

$$A = \frac{Q * t}{h}$$

Ec:3-7

Dónde:

- Q=caudal m³/h
- t =tiempo de descarga(h)
- h = altura (m)

Reemplazando tenemos:

$$A = \frac{0.147m^3/h * 14h}{1m}$$

$$A = 2.058m^2$$

❖ **Cálculo del Diámetro del homogenizador:**

$$\Phi = \sqrt{\frac{A}{\pi}} * 2$$

Ec: 3-8

Dónde:

Φ = Diámetro (m)

Tenemos:

$$\Phi = \sqrt{\frac{2.058}{3.14}} * 2$$

$$\Phi = 1.61m$$

❖ **Cálculo del volumen del homogenizador:**

$$V = Ah$$

Ec: 3-9

Dónde:

❖ A = área (m²)

❖ h = altura (m)

Reemplazando tenemos:

$$V = 2.058m^2 * 1m$$

$$V = 2.058m^3$$

Multiplicando el volumen por un factor de seguridad del 16%, se tiene:

$$V = 2.058m^3 * 16\%$$

$$V = 2.39m^3$$

Cálculo de la potencia de las paletas del homogenizador.- A partir de la ecuación; y proponiendo una elevación de las mismas de 20cm de la superficie interna del mismo.

$$P = \gamma Qh$$

Ec:3-10

Dónde:

- ❖ P= potencia disipada (kw)
- ❖ γ = peso específico del agua (Kn/m³)
- ❖ Q= caudal (m³/s)
- ❖ h = pérdidas de energía por el fluido en su paso por el mezclador estático (m)

Reemplazando tenemos:

$$P = \left(1 \frac{kN}{m^3}\right) * \left(4.082 * 10^{-05} \cdot \frac{m^3}{s}\right) * 0.02m$$

$$P = 8 * 10^{-07} kW$$

$$P = 0.008164W$$

Cálculo del Diámetro de la hélice del homogenizador:

El Rodete a utilizar es el de tipo Hélice, ya que es ideal para fluidos de baja viscosidad teniendo un alto rendimiento al momento de homogenizar la mezcla en el tratamiento. Según las normas estándares DIN 28131, para sistemas de agitación propone un solo rodete para tanques de diámetro menores a 70 pulgadas con una altura del mismo de la mitad del diámetro, además:

$$\Phi_r = 2/3 * \Phi_t \text{Ec:3-11}$$

Dónde:

- ❖ Φ_r = Diámetro del rodete
- ❖ Φ_t = Diámetro del Homogenizador

Reemplazando tenemos:

$$\Phi_r = 2/3 * 1.61m$$

$$\Phi_r = 1.073m$$

3.1.4 CÁLCULO PARA EL DISEÑO DEL TANQUE SEDIMENTADOR:

En el presente proyecto se diseñara un tanque de sedimentación de forma rectangular, cuyo diseño se describe a continuación. Lo primero que se debe calcular es el área superficial necesaria,. Dado que el caudal de diseño es de 1.34 (m³/día) y asumiendo un valor de carga de superficie (CS) 1.5 (m³/m²*día) (tabla 1.8) se calcula el área superficial necesaria.

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

Ec:3-12

Dónde:

- ❖ CS= carga superficial (m³/m²*día)
- ❖ Q= caudal (m³/día)
- ❖ A= área (m²)

Reemplazando tenemos:

$$A = \frac{1.34m^3/día}{1.5m^3/m^2 * día}$$

$$A = 0.89m^2$$

- ❖ Proponiendo una profundidad de 2m se calcula el volumen del tanque a partir de la ecuación:

$$V = A * h$$

Ec:3-13

Dónde:

- ❖ V= volumen del sedimentador (m³)
- ❖ A= área del sedimentador
- ❖ h= altura (m)

Reemplazando tenemos:

$$V = 0.88m^2 * 2.0m$$

$$V = 1.76m^3$$

Sumando al volumen un factor de seguridad del 16% tenemos:

$$V = 1.76m^3 + 16\%$$

$$V = 2.04m^3$$

Cálculo del tiempo de retención: A partir de la ecuación:

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

Ec:3-14

Dónde:

- ❖ V=volumen (m³)
- ❖ Q= caudal (m³/h)

Reemplazandotenemos:

$$Tr = \frac{2.04m^3}{0.147m^3/h}$$

$$Tr = 13.9 \text{ h}$$

Se puede calcular la velocidad de arrastre: A partir de la ecuación:

$$Vh = \left(\frac{8k(s-1)gd}{f} \right)^{1/2} \rightarrow \mathbf{Ec:3-15}$$

Dónde:

- ❖ Vh= velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas (m/s)
- ❖ k= constante que depende del tipo de material arrastrado.
- ❖ S= peso específico de las partículas.
- ❖ g= aceleración de la gravedad.
- ❖ d= diámetro de las partículas.
- ❖ f= factor de fricción de Dary- Weisbach.

Reemplazandotenemos:

$$Vh = \left(\frac{8(0.05)(1.25 - 1)(9.8m/s)(100 * 10^{-6})m}{0.025} \right)^{1/2}$$

$$Vh = 0.062 \text{ m/s}$$

Esta velocidad de arrastre se compara con la velocidad horizontal, la cual se calcula a partir de la ecuación:

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

Ec:3-16

Dónde:

- ❖ V_h = velocidad horizontal (m/s)
- ❖ Q = caudal (m^3/s)
- ❖ A = área del sedimentador rectangular (m^2)

Reemplazando tenemos:

$$V_h = \frac{0.000408m^3/s}{0.89m^2}$$

$$V_h = 0.00004.6m/s$$

NOTA: La velocidad horizontal es considerablemente menor que la velocidad de arrastre. Por lo tanto, el material sedimentado no será re-suspendido.

3.1.5 CÁLCULO DEL FILTRO DE SEDIMENTOS

Para diseñar y calcular los filtros se realiza de acuerdo al caudal del líquido y del tiempo que se demora el líquido al ser filtrado, para retener las partículas sólidas.

❖ **Cálculo del caudal del filtro:** Se lo realiza a partir de la siguiente ecuación:

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

Ec:3-17

Dónde:

- ❖ Q= caudal cm^3
- ❖ V= volumen de filtrado mL
- ❖ t= tiempo s

Reemplazando tenemos:

$$Q = \frac{3500 \text{ mL}}{60\text{s}}$$

$$Q = 58.33\text{mL/s}$$

Transformando tenemos

$$Q = 5.83 * 10^{-5}\text{m}^3/\text{s}$$

❖ **Cálculo de la tasa media de filtración.** Se la realiza a partir de la ecuación de la siguiente ecuación:

$$tmf = \frac{Q}{A} \text{Ec:3-18}$$

Dónde:

- ❖ tmf = tasa media de filtración $m^3/m^2 s$
- ❖ Q = caudal m^3/s
- ❖ A = área filtrante m^2

Reemplazando tenemos:

$$tmf = \frac{5.83 * 10^{-5} m^3/s}{0.0140 m^2}$$

$$tmf = 0.00416 m^3/m^2 s$$

- ❖ **Cálculo del área total de filtración:** Se la realiza a partir de la ecuación de la siguiente ecuación:

$$At = \frac{Q}{tmf} \text{Ec:3-19}$$

Dónde:

- ❖ At = área total m^2
- ❖ Q = caudal m^3/s
- ❖ tmf = tasa media de filtración $m^3/m^2 s$

Reemplazando tenemos:

$$At = \frac{5.83 * 10^{-5} m^3/s}{0.00416 m^3/m^2 s}$$

$$At = 0.014 m^2$$

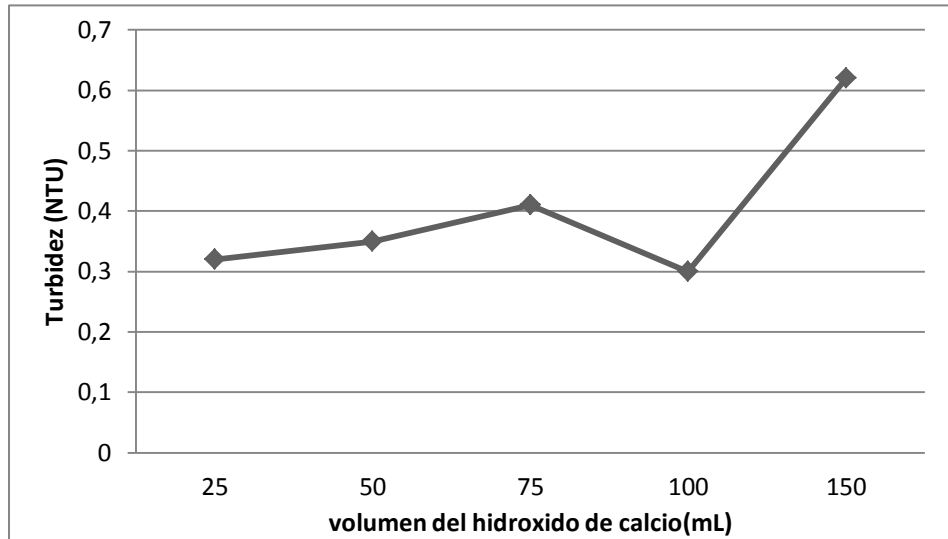
3.2 .-DOSIFICACIÓN IDEAL DE HIDRÓXIDO DE CALCIO (Ca (OH)₂)

Tabla 3-3 Dosificación de Hidróxido de Calcio

# de jarra con capacidad de 500ml	pH	Dosificación Hidróxido de calcio (P/V)	Tiempo (horas)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7.3	25mg/L	12	7.95	0.32
2	7.3	50mg/L	12	8,45	0,35
3	7.3	75mg/L	12	8,62	0,41
4	7,3	100mg/L	12	8,81	0,30
5	7,3	150mg/L	12	8,95	0.62

Fuente: Diego Cáceres A.

Gráfico 3-2DOSIFICACIÓN ÓPTIMA



Fuente: Diego Cáceres A.

NOTA: El valor más bajo de la turbidez es cuando utilizamos una dosificación de 100 ppm de cal pero tenemos un valor muy alto de PH por lo que utilizamos la primera dosificación de 25 ppm que nos da un PH dentro de la norma y el valor de la turbidez esta también es aceptable. A partir de este valor se trata 3 litros de agua para una segunda prueba.

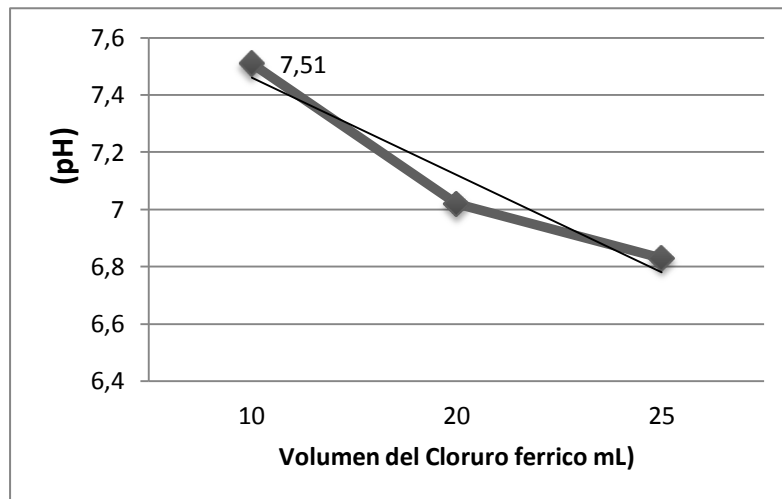
3.3 .-DOSIFICACIÓN IDEAL DEL CLORURO FÉRRICO (FeCl₃)

Tabla 3-4Diferentes dosificaciones del cloruro férrico FeCl₃ 43% Prueba II

# de jarra con capacidad de 500ml	pH	Dosificacióncloruro férrico FeCl ₃ (P/V)	Tiempo (horas)	pH del agua tratada	Turbidez (NTU)
1	7.7	10mg/L	1	7.3	0.32
2	7.7	20mg/L	1	6,9	0,41
3	7.7	25mg/L	1	6,6	0,45

Fuente: Diego Cáceres A.

Gráfico 3-3Dosificación óptima de cloruro férrico (prueba2)



Fuente: Diego Cáceres A.

- ❖ Aquí se tiene una disminución del pH debido a la precipitación de los iones de calcio y magnesio y el valor en el que se obtuvo un mayor cantidad de precipitado es a 10ppm

3.4 Evaluación del tratamiento con cloruro férrico (FeCl₃) e Hidróxido de Calcio(Ca (OH)₂)

Tabla 3-5Evaluación del tratamiento

Parámetro	Dosis del Tratamiento	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	
Dosis FeCl ₃ mg/L	10	.-	-	
Dosis Ca (OH) ₂ mg/L	25	-	-	
Dureza mg/L	-	288	200	
Turbidez NTU	-	0,3	0,26	
Nitritos (mg/L)	-	0,029	0,001	
Fosfatos (mg/L)	-	0,740	0,250	
pH	-	7,70	7,40	
% de eficiencia				79,5

Fuente: Diego Cáceres O.

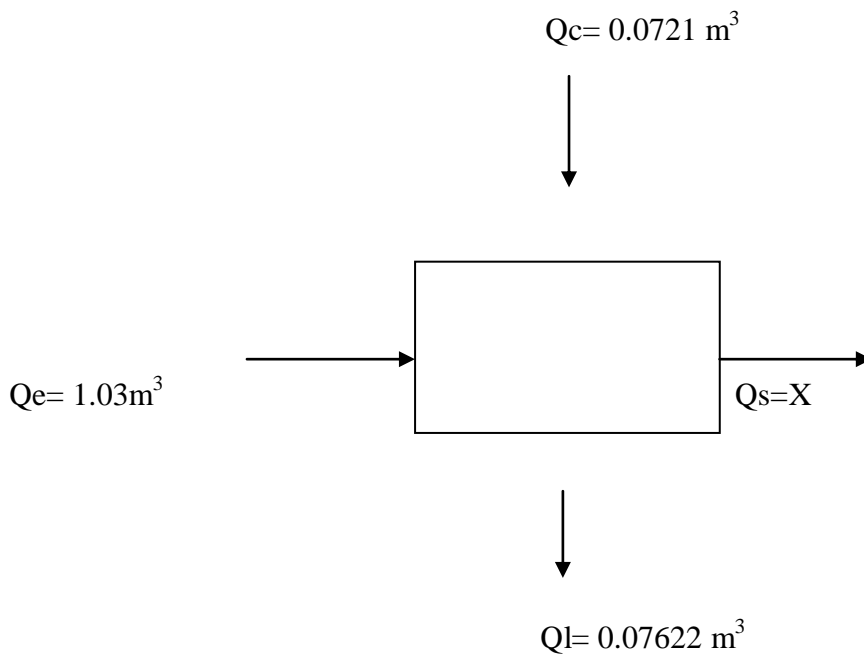
3.4.1 DATOS OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE Y APLICADOS AL DISEÑO

Tabla 3-6 Datos experimentales del tratamiento

Primer Tratamiento	Concentración de Cloruro Férrico (P/V) y condiciones
Muestra de 500 ml	<p>10ml que representa el 2% del total de la muestra. Condiciones:</p> <p>Temperatura Ambiente.</p> <p>Agitación por 10 segundos.</p> <p>Tiempo de reposo de 60 minutos</p> <p>Total de sedimentación de 12ml que representa el 2,4% de la muestra.</p>
Segundo Tratamiento	Concentración del Hidróxido de Calcio Ca (OH)₂(P/V) y condiciones
Muestra de 500 ml	<p>25ml que representa el 5% del total de la muestra. Condiciones:</p> <p>Temperatura Ambiente.</p> <p>Agitación por 2 minutos.</p> <p>Tiempo de reposo de 12 horas</p> <p>Total de sedimentación de 26 ml que representa el 5,2% de la muestra.</p>
APLICADOS AL DISEÑO AMBOS TRATAMIENTOS	
Caudal de entrada 1.03 m₃	<p>72.1 litros que representa el 7% del total de la muestra. Condiciones:</p> <p>Temperatura Ambiente.</p> <p>Total de sedimentación de 76.22 L que representa el 7,6% de la muestra.</p>

Fuente: Diego Cáceres O.

3.5 BALANCE DE MATERIA DEL SEDIMENTADOR



Dónde:

- ✓ Q_e = Entrada del caudal de agua a tratar (m^3)
- ✓ Q_c = Entrada de solución de cloruro férrico y Oxido de calcio (m^3)
- ✓ Q_s = Salida del proceso del efluente (m^3)
- ✓ Q_l = salida del sedimento generado por el proceso (m^3)

Desarrollando tenemos:

$$Q_e + Q_c = Q_s + Q_l$$

$$1.03 + 0.0721 = Q_s + 0.07622$$

$$1.1021 - 0.07622 = Q_s$$

$$Q_s = 1.0259 \text{ m}^3$$

Nota: Los datos calculados en el balance fueron obtenidos experimentalmente en el laboratorio de Análisis Técnicos en la Facultad de Ciencias y maximizados al diseño y se detallan en la tabla 3-5

3.6 RESULTADOS.

3.6.1 .- CAUDAL

Tabla 3-7 Caudales del proceso sumado el Factor de Mayo ración

Días laborables	Caudal m ³	Caudal m ³ mas FM
Día	1.03	1.34
Semana	5.15	6.7
Mes	20.6	26.78
Año	267.8	348.14

Fuente: Diego A. Cáceres O.

3.6.2 .-AFORADOR

Tabla 3-8 Resultados obtenidos para el diseño del Aforador

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	1	M
Área	1.47	m ²
Volumen	1.47	m ³
Tiempo de descarga	10	H

Fuente: Diego A. Cáceres O.

3.6.3 .-HOMOGENIZADOR

Tabla 3-9 Resultados obtenidos para el diseño del tanque homogeneizador

Parámetro	Valor	Unidad
Altura	1	M
Área	2.058	m ²
Diámetro	1.61	M
Diámetro del rotador	1.073	M
Volumen	2.058	m ³
Potencia de las paletas	0.00816	W

Fuente: Diego A. Cáceres O.

3.6.4 .- SEDIMENTADOR

Tabla 3-10 Resultados obtenidos para el diseño del tanque sedimentador

Parámetro	Valor	Unidad
Área	0.89	m ²
Altura	2	M
Volumen	1.76	m ³
Carga superficial	1.50	---
Tiempo de retención	13.9	H
Velocidad de arrastre	0.062	m/s
Velocidad horizontal	0.000046	m/s
Remoción DBO	30	%
Remoción SST	35	%

Fuente: Diego Cáceres

3.6.5 .- FILTRO.

Tabla 3-11 Resultados obtenidos para el diseño del filtro

Parámetro	Valor	Unidad
Largo	0.63	m
Diámetro interno	0.0025	m
Diámetro externo	0.06	m
Caudal de filtrado	$5.8 \cdot 10^{-5}$	m^3/s
Tasa media de filtración	0.00416	$m^3/m^2 s$
Área total de filtración	0.014	m^2

Fuente: Diego A. Cáceres O.

3.6.6 .- DOSIFICACIÓN IDEAL DEL CLORURO FÉRRICO E HIDRÓXIDO DE CALCIO $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Tabla 3-12 Evaluación del tratamiento

Parámetro	Dosis del Tratamiento	Resultado antes del tratamiento	Resultado después del tratamiento	
Dosis FeCl_3 mg/L	10	.-	-	
Dosis $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mg/L	25	-	-	
Dureza mg/L	-	288	200	
Turbidez NTU	-	0,3	0,26	
Nitritos (mg/L)	-	0,029	0,001	
Fosfatos (mg/L)	-	0,740	0,250	
pH	-	7,70	7,40	
% de eficiencia				79,5

Fuente: Diego Cáceres O.

3.6.7 RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA TRATADA

Tabla 3-13 RESULTADOS DEL AGUA TRATADA

Determinación	Unidades	Limites	Resultados
<i>pH</i>	Unid	6.5-8.5	7,40
Conductividad	μS/cm	<1250	138,0
Turbiedad	UNT	1	0.28
Dureza	mg/l	200	200
Alcalinidad	mg/l	250-300	300
Amonios	mg/l	0.5	0,148
Hierro	mg/l	0.30	0,028
Sólidos totales	mg/l	1000	848,0

Fuente: Análisis Técnicos Facultad de Ciencias.

3.7 PROPUESTA

Para poder acondicionar el efluente de alimentación de la planta se requiere un sistema de tratamiento que garantice su utilización sin generar ningún tipo de riesgos para lo cual; con este sistema propuesto se disminuye los valores de dureza, nitratos, fosfatos entre otros agentes contaminantes todos el tratamiento se rige a los límites permitidos por la NORMA INEN 1108 de agua potable.

Mejorando sus condiciones para que esta agua pueda ser utilizada, en los procesos de la planta como son:

- ❖ Limpieza de los equipos
- ❖ En la pasteurización y Homogenización de la leche.
- ❖ En la elaboración de quesos
- ❖ para que pueda ser utilizada en la caldera sin problemas de corrosión

Por lo cual se propone el siguiente sistema de tratamiento, el cual consta de los siguientes componentes:

- Captación del agua proveniente de vertiente la cual es descargada por una tubería de 0.02m de diámetro en el aforador con una capacidad de 1.47³
- El tanque homogeneizador se realiza la mezcla del agua, cal hidratada y el coagulante cloruro férrico el cual fue diseñado para un volumen de capacidad de 2.058 m³, con una área total de 2.058 m² y una altura de 2m, donde se implementa una paleta para el proceso de floculación de 0.00816 W de potencia. El agua homogenizada pasa al tanque de sedimentación a través de una tubería de 0.05 m de diámetro por gravedad.
- Este tanque de sedimentación rectangular, tiene las siguientes dimensiones: con un área total de 0.89 m², y una altura de 2 m, para un volumen de capacidad de 1.76 m³ donde se tratara el agua combinada proveniente del floculado con un tiempo de residencia de 7

horas con una efectividad del 76.8% con el que se pretende eliminar sólidos disueltos , para que de esta manera pueda cumplir con los límites establecidos para su utilización

- Al cual se le implementara 3 filtros encapsulados de 5 micras o 2 micras , con una capacidad de filtrado de $5.8 \cdot 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ con dimensiones establecidas de 0.63m de largo, con un diámetro interno de 0.0025m y uno externo de 0.06 capaz de resistir 20 psi, generadas por una bomba externa de 1.5 hp recomendada por el fabricante de los filtros
- Finalmente el agua después de ser filtrada será descargada a unas tinajas de desinfección con hipoclorito de sodio para luego ser descargada finalmente en la cisterna de almacenamiento de la planta.

DETALLES DEL TRATAMIENTO:

AFORADOR: El agua ingresa al aforador, pero primero se tiene un proceso de desbaste donde quedan retenidas las partículas de gran tamaño con cartones plásticos, entre otros. En el aforador se producen óxidos de calcio, de magnesio y de hierro, por la presencia de oxígeno de la atmósfera y por acción de la luz solar. Posteriormente estos óxidos son retenidos en la filtración pero la mayoría de estos se eliminan en el sedimentador.

HOMOGENIZADOR:

Aquí se produce la eliminación de partículas, sales y cationes en suspensión para lo cual se adiciona cal hidratada, que eleva el pH del agua haciendo precipitar las sales de calcio y magnesio , luego se añade el coagulante cloruro férrico, para facilitar la adherencia de estas partículas y que precipiten de forma más rápida., luego se produce la floculación que es la agitación de la mezcla agua, cal , coagulante, esta agitación hace que las partículas colisionen unas con otras favoreciendo a floculo de mayor tamaño que se pueden eliminar fácilmente en la sedimentación.

SEDIMENTADOR:

Lo que se produce aquí en la decantación de los floculos por acción de la gravedad. La facilidad de la decantación está relacionada con la calidad del floculo.

FILTRACIÓN:

La planta cuenta con filtros lentos de tres etapas, donde los restos de partículas suspendidas son eliminadas e incluso disminuye la dureza del agua ya tratada.

DESINFECCIÓN:

Se realiza en tinajas de difusión del hipoclorito, este proceso es para asegurar una mejor calidad del agua y que las bacterias presentes aun en el agua se puedan destruir quedando el agua apta para el consumo humano.

3.8 ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De la caracterización del agua en su origen, presentados en la **Tabla 2-12** y **Tabla 2-13** , el aspecto físico químico relacionados a valores de dureza = 288 mg/L, $pH= 7,71$, Nitratos= 16,100 mg/L, Fosfatos = 0,740mg/L, Sólidos Disueltos = 722,9mg/L, y el aspecto microbiológico para Coliformes totales = 108,6 UFC/100ml, los mismos comparados con la Norma INEN 1108 para agua potable, se determina que estos parámetros se encuentran fueran de la Norma.

Dado estos resultados del agua de captación, se establece que el agua es apta para el proceso de potabilización, enfocado a disminuir principalmente la dureza, los nutrientes inorgánicos y los microorganismos presentes en el agua a tratar.

Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas se optó por un sistema de tratamiento en base al principio de intercambio iónico y posteriormente con la ayuda de un floculante la eliminación de los sólidos disueltos como carbonatos, bicarbonatos, iones de calcio, magnesio y sales de origen inorgánico, teniendo como etapa final la desinfección a base de cloro.

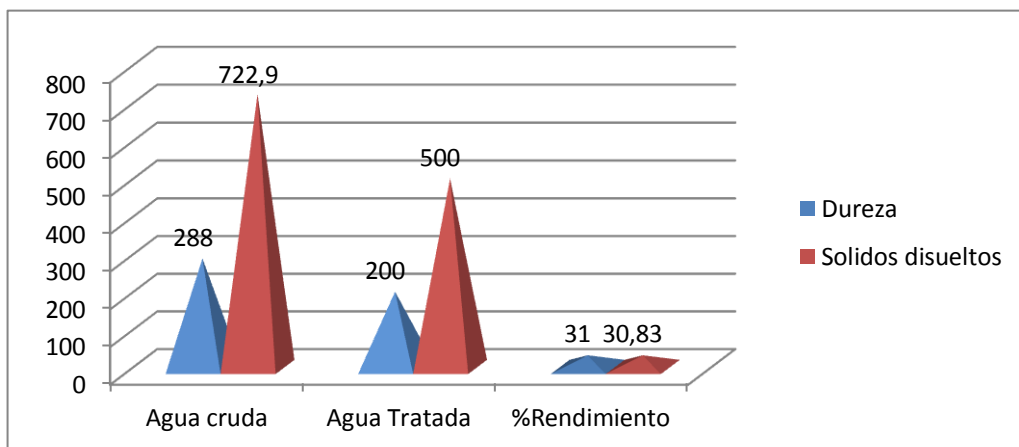
Este sistema de tratamiento es abalizado por los resultados obtenidos en el agua tratada, el parámetro que se logró disminuir de manera práctica es la dureza, pH , Fosfatos el resto de parámetros están basados en el Reglamento técnico de diseño para plantas potabilizadoras de agua de la subsecretaría de saneamiento Ambiental de manera teórica.

Los resultados del estudio nos permiten apreciar que los parámetros físico químicos, presentados en la **Tabla 3-13** , presentan nuevas condiciones, las mismas que se encuentran dentro de los límites admisibles que estipula la Norma INEN 1108 de agua potable, previos a un tratamiento.

En los gráficos 3-4, 3-5, 3-6 se indican los porcentajes de rendimiento de potabilización entre el agua tratada y el agua cruda, los parámetros valorados son:

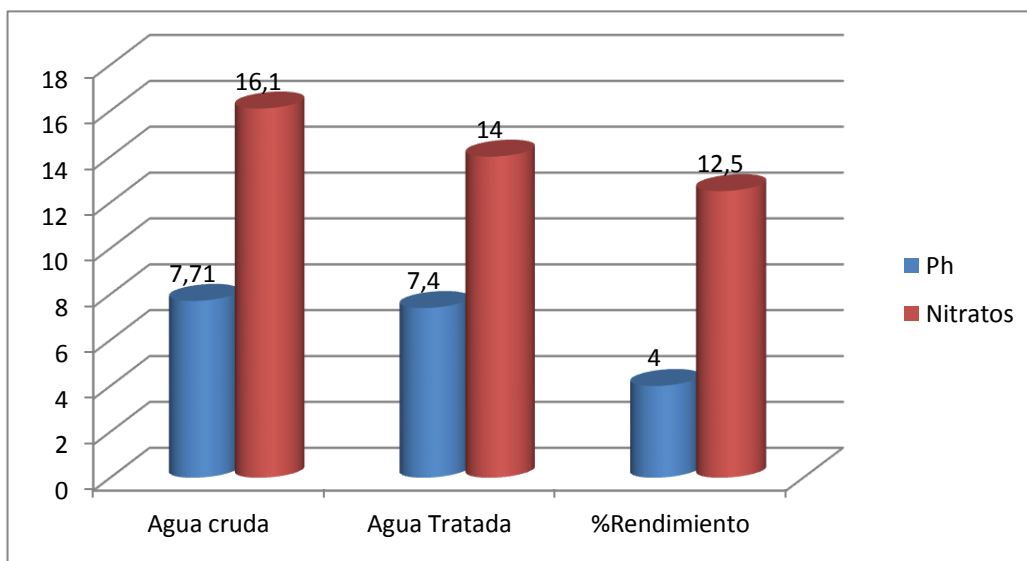
Dureza=31%, pH= 4% fosfatos=66%, Nitratos= 12,5%, sólidos disueltos=30,83%, Coliformes fecales= 100%. Con los datos de caracterización de agua cruda y tratada, y el rendimiento que se ha obtenido del sistema de tratamiento, se justifica el diseño ingenieril de la secuencia de los dispositivos hidráulicos adoptados para la potabilización del agua de origen de la planta de lácteos Tunshi-ESPOCH.

Gráfico 3-4 DUREZA, SOLIDOS DISUELTOS



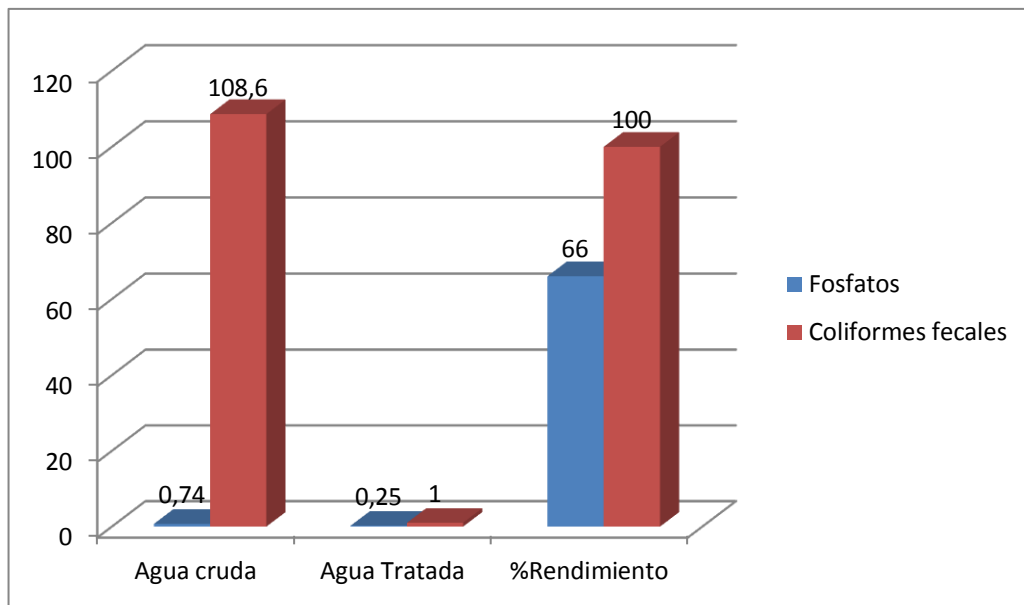
Fuente: Diego Cáceres O.

Gráfico 3-5 pH, NITRATOS



Fuente: Diego Cáceres O.

Gráfico 3-6 FOSFATOS, COLIFORMES FECALES



Fuente: Diego Cáceres O.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Por medio de los análisis Físico – Químicos y microbiológicos del agua de captación y su comparación con la Norma INEN 1108 Agua Potable, se determinaron los siguientes resultados fuera de los límites de la norma, dureza = 288 mg/L, pH= 7,71, Nitratos= 16,100 mg/L, Fosfatos = 0,740mg/L, Sólidos Disueltos = 722,9mg/L, y el aspecto microbiológico para Coliformes totales = 108,6 UFC/100ml
- Sin embargo la calidad del agua es apta para someterla a un tratamiento de potabilización, basados en el resto de resultados que cumplen con la Norma establecida, como Cloruros=12.8 mg/L, Sulfatos= 95.2 mg/L, Turbiedad=0.3 mg/L, Conductividad= 1166, alcalinidad= 500mg/L. Con el valor de la alcalinidad existe una peculiaridad que a pesar de estar fuera de la norma no es tomada en cuenta para el diseño por tratarse de una dureza no permanente, esto se evidencia con los valores de los resultados analizados: alcalinidad = 500 mg/L es mayor a la de dureza = 288mg/L, es decir la dureza se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos presentes en la muestra, por ende si se disminuye la dureza la alcalinidad también lo hará.
- Otra cosa que se puede determinar en base al trabajo de investigación es que una alcalinidad alta favorece al tratamiento de agua especialmente a las residuales ya que reacciona de manera más eficiente con agentes coagulantes y floculantes, y mantiene un pH aproximadamente neutro ya que el agua actúa como una solución Tampón.
- El diseño de la planta se efectúa con base a disminuir la dureza, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales y microorganismos para un caudal de 1.34 m³/día, la secuencia del

tratamiento del diseño empleado para el agua de captación consta de un aforador con capacidad para 1.47m^3 .

Un homogeneizador con capacidad para 2.058 m^3 accionado por una paleta de 0.00816 W , en el cual se va a añadir floculante, en este caso cloruro férrico $\text{FeCl}_3\ 43\%$ (P/V), y también hidróxido de calcio que se añade previamente para disminuir la dureza, llegando a ser la dosis óptima de floculante 10 mg/L y 25mg/L respectivamente, un sedimentador con capacidad para tratar 1.76m^3 con un tiempo de retención aproximadamente de 13.9 h , de filtros lentos encapsulados para sedimentos de 5micras y un tanque de almacenamiento 5 m^3 en el cual se añade cloro comercial para potabilización de 250 mg/L por cada 100Litros .

- El porcentaje del rendimiento del sistema de tratamiento, enfocado en los resultados del agua tratada son: Dureza= 31% , pH = 4% fosfatos= 66% , Nitratos= $12,5\%$, sólidos disueltos= $30,83\%$, Coliformes fecales= 100% . Evidenciándose el cambio de condiciones de agua cruda a agua tratada, cumpliendo la Normativa adoptada para nuestro estudio.

4.2 RECOMENDACIONES:

- ✓ Se debe complementar el trabajo descrito en la presente investigación realizando un estudio del crecimiento de la producción de la planta para verificar si el sistema propuesto abastece a la planta en un intervalo aproximado de 5 a 10 años
- ✓ Para implementar el Sistema propuesto en el caso de ya llevarlo a cabo se debe realizar un Análisis de Costos, mucho más detallado, ya que el anexo en este trabajo solo es un estimado de los costos de cada dispositivo. Además se recomienda detallar en los planos de la planta el terreno en donde se ubicara los dispositivos del proceso de tratamiento.
- ✓ Realizar pruebas de dureza por medio de indicadores comerciales, en el punto de control, del sistema, es decir luego del proceso de sedimentación de esta forma poder verificar el tratamiento o si existe alguna anomalía.
- ✓ Los Sedimentos obtenidos del sistema de tratamiento deben ser descargados en una laguna de oxidación, para su debida descomposición, por lo cual es necesario integrar un sistema de tratamiento para la disposición final de estos residuos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-ARBOLEDA, J.,** Teoría y Práctica de Purificación de agua., 3a.ed., Colombia., Graw Hill., 1999., Pp. 110-124

- 2.-AROCA, R.,** Abastecimiento de Agua Teoría y diseño., 2a. ed., Venezuela Vega., 1987., Pp.25-28

- 3.-CÁCERES, O.,** Manual de Desinfección de agua mediante cloración., 2a. ed., Perú Ministerio de Salud., 1979., Pp. 20-23

- 4.-GORDON, M.,** Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales.,3a. ed., México DF., Wáter and wastewater., 1987., Pp. 29-50

- 5.-KEMMER, F.,** Manual del Agua tratamiento y Aplicaciones., México DF., ME Graw Hill., 1989., Pp. 36-40
- 6.-METCALF, Y EDDY, INC.,** Ingeniería de aguas residuales., 3ª. ed., México DF., Mc Graw Hill., 1998., Pp. 230-290
- 7.-RAMÍREZ, F.,** Tratamiento de Desinfección del Agua., 2a. ed., España., 2005., Pp. 180-184
- 8.-ROMERO, JAIRO.,** “Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño”., 3a. ed., Bogotá – Colombia., Escuela Colombiana de Ingeniería., 2004., Pp. 105-420.
- 9.-WALTER, WEBER, J.R.,** Control de la calidad del Agua, Procesos fisicoquímicos., Editorial Reverte S.A., España., 1979., Pp. 112-118
- 10.-APHA. AWWA.WPCF.,** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas potables y residuales., 17a. ed., Díaz de Santos., 1992., Pp. 95-110

11.-ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN)., Agua- Potable – Requisitos., Quito-Ecuador., Norma N°1108 – 2010., Pp. 1-8

12.-ARIAS B., Potabilización del agua en el Sector de Caluma., Facultad de Ciencias., Escuela de Ingeniería Química., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba- Ecuador., **Tesis.**, 2011., Pp. 80-96.

INTERNET:

13.- EL AGUA EN LA VIDA

http://www.japac.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=55

2012/10/24

14.- EL AGUA Y SU UTILIZACIÓN

<http://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

2013/01/20

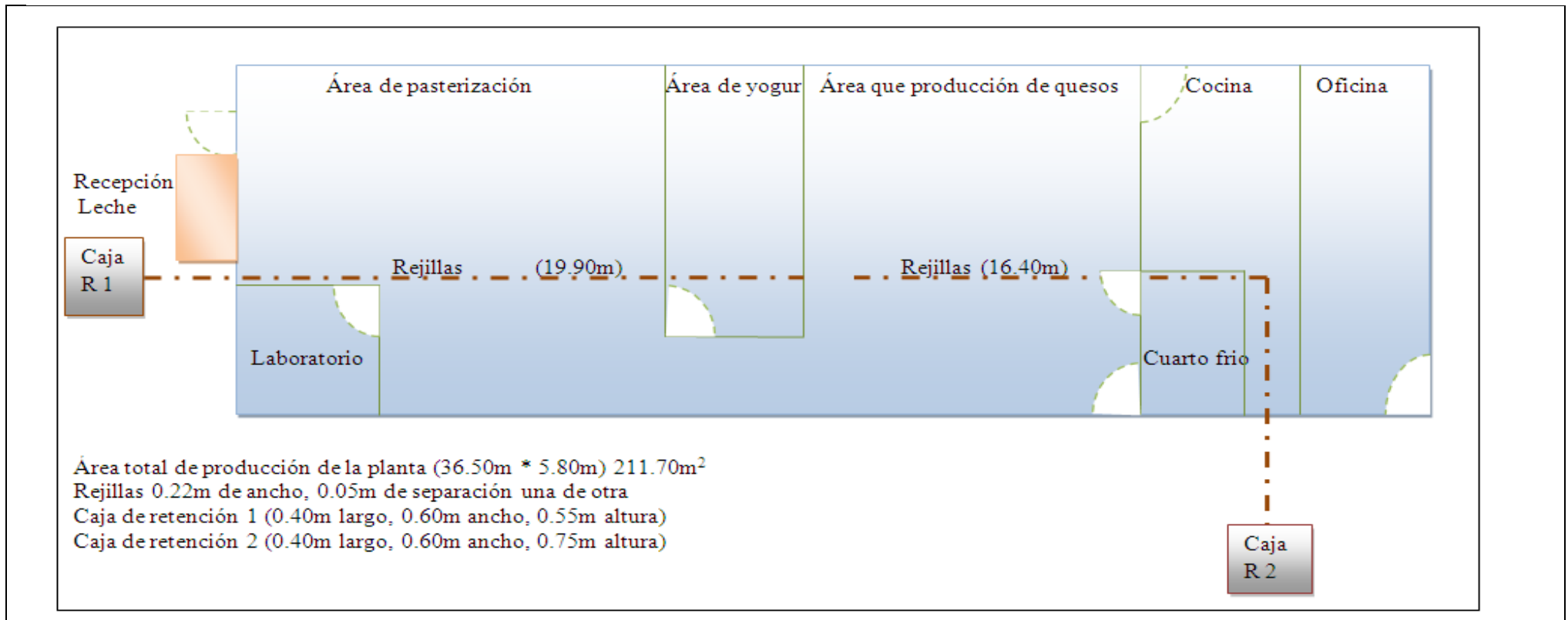
15.- EL AGUA EN LA AGRICULTURA

<http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>

2013/02/28

ANEXOS

ANEXO 1 Diagrama del área de producción de la planta de lácteos ESPOCH



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para información • Por califica 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego A. Cáceres O.	Tratamiento del Agua de la Planta de Lácteos ESPOCH		
			Fecha	Lamina	Escala
			15/05/13	1	1-100

ANEXO 2 Coagulante Inorgánico

Cloruro Férrico											
Coagulante líquido inorgánico											
Generalidades	Cloruro Férrico 39-43%, también denominado cloruro férrico.										
Características y uso	El Cloruro Férrico de nuestra fabricación se emplea para el tratamiento de aguas y efluentes líquidos residuales. Su función es la de coagular y acelerar la sedimentación de sólidos en suspensión y absorción de contaminantes disueltos, incluyendo materia orgánica. Por las características de fabricación (microfiltrado), nuestro Cloruro Férrico no posee sólidos sedimentables ni aceites en suspensión, como así tampoco olores en solución. Estas ventajas garantizan una calidad inmejorable en el tratamiento de las aguas y efluentes líquidos, sin producir ningún tipo de contaminación ni interferencias (los contenidos de ión ferroso aumentan los parámetros de demanda de oxígeno).										
Propiedades y ventajas de uso	El Cloruro Férrico, utilizado en los tratamientos de aguas, brinda un coágulo más grande, una mayor velocidad de sedimentación, y bamos más compactos. El coágulo producido tiene una alta capacidad de absorción de contaminantes (orgánicos e inorgánicos), y de sustancias coloreadas, como así también es apto para eliminar grasas, hidratos de carbono y proteínas. Por sus características químicas, permite trabajar en un amplio rango de pH 4,00-10,00, eliminando, así, ajustes de pH, y permitiendo el ahorro de productos.										
Forma de uso	Puede usarse concentrado, o bien, diluido en agua. Las dosis varían de acuerdo al tratamiento del efluente y el agua a tratar. Los valores pueden oscilar entre 10 a 1000 ppm.										
Calidad	Nuestro Cloruro Férrico está fabricado bajo normas ISO 9001										
Usos principales	Como agente coagulante en: Plantas potabilizadoras de agua. Plantas de tratamiento de líquidos residuales municipales y cloacales. Plantas de tratamiento de efluentes industriales. Otros usos industriales: En grabado de placas electrónicas. Como pigmento. En el proceso de lixiviación en la minería del cobre y molibdeno.										
Propiedades típicas físico-químicas	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Apariencia:</td> <td>Líquido oscuro oqbr café</td> </tr> <tr> <td>Densidad a 25 °C:</td> <td>1,42 a 1,48 g/cm³</td> </tr> <tr> <td>pH papel ACILIT:</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>% FeCl₃ (% p/p como FeCl₃):</td> <td>39,0 a 43,0</td> </tr> <tr> <td>Solubilidad en agua:</td> <td>infinita</td> </tr> </table>	Apariencia:	Líquido oscuro oqbr café	Densidad a 25 °C:	1,42 a 1,48 g/cm ³	pH papel ACILIT:	2,5	% FeCl ₃ (% p/p como FeCl ₃):	39,0 a 43,0	Solubilidad en agua:	infinita
Apariencia:	Líquido oscuro oqbr café										
Densidad a 25 °C:	1,42 a 1,48 g/cm ³										
pH papel ACILIT:	2,5										
% FeCl ₃ (% p/p como FeCl ₃):	39,0 a 43,0										
Solubilidad en agua:	infinita										
Presentación	A granel en camiones propios Maxibidones x 1250 kg neto Tambores plásticos x 250 kg Bidones x 30 kg neto										

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR	Coagulante utilizado en el proceso de tratamiento del agua		
Coagulante	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Certificado ❖ Por aprobar ❖ Aprobado ❖ Para informar ❖ Por calificar 	POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	FECHA	LÁMINA	ESCALA
		Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	15/05/13	2	1:1

ANEXO 3 Análisis Físico – Químico del agua Antes del Tratamiento



LABORATORIO DE ANALISIS TECNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS

Solicitado por: Diego Cáceres
Fecha de análisis: 18 de octubre del 2012
Fecha de entrega de resultados: 7 de noviembre del 2012
Tipo de muestra: Agua de vertiente
Localidad: Tunshi San Martín, Riobamba

Código: LAT/FQ-209-12

Determinaciones	Unidades	*Límites	Resultados
pH	Unid	6.5 - 8.5	7,70
Conductividad	µ Siemens/cm	< 1250	1166
Turbiedad	UNT	1	0,3
Cloruros	mg/L	250	12,8
Dureza	mg/L	200	288,0
Calcio	mg/L	70	51,2
Magnesio	mg/L	30 - 50	38,9
Alcalinidad	mg/L	250 - 300	500,0
Bicarbonatos	mg/L	250 - 300	510,0
Sulfatos	mg/L	200	95,2
Amonios	mg/L	< 0.50	0,148
Nitritos	mg/L	0,001	0,029
Nitratos	mg/L	< 40	16,100
Hierro	mg/L	0.30	0,028
Fosfatos	mg/L	< 0.30	0,740
Sólidos Totales	mg/L	1000	848,0
Sólidos Disueltos	mg/L	500	722,9

* Valores referenciales para aguas de consumo doméstico

Observaciones: Valores de dureza, alcalinidad, nitratos y fosfatos fuera de norma

Atentamente.



Dra. Gina Alvarez R.
RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Resultados del Análisis del agua antes del tratamiento		
Análisis del agua	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Certificado ❖ Por aprobar ❖ Aprobado ❖ Para informar ❖ Por calificar 	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	FECHA	LÁMINA	ESCALA
			15/05/13	3	1:1

ANEXO 4 Análisis Microbiológico del agua Antes del Tratamiento



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
AREA DE MICROBIOLOGIA
 Panamericana Sur Km 1 ½ Tel/Fax 03-29605912

EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE AGUA N° 171-12

Solicitado por: Diego Cáceres

Dirección: Riobamba Norte, Riobamba

Teléfono: 0992721383

Tipo de muestra: Vertiente sector Tunshi. Planta de Lácteos de la ESPOCH. Parroquia Licto cantón Riobamba.

Fecha de Recepción: 18 de Octubre de 2012

Código: 171-12

01 EXAMEN FÍSICO

Olor: inolora

Color: incolora

Aspecto: Transparente

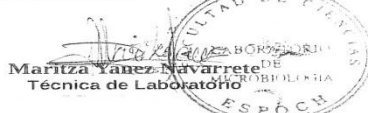
02 DETERMINACIONES	METODO USADO	VALORES DE REFERENCIA*	VALOR ENCONTRADO
Colonias Coliformes Totales UFC / 100 mL	Método estándar 9222B Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.	<1	108.6
Colonias Coliformes Fecales. <i>E. coli</i> UFC / 100 mL	Método estándar 9222D Técnica de filtración por membrana. Millipore . 44.5°C ± 0.2°C/24h.	<1	<1

03 OBSERVACIONES:

*NTE INEN 1108. Límite máximo (para aguas potables) <1.1 significa que en el ensayo de NMP utilizando 5 tubos de 20cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo

FECHA DE ANÁLISIS

Inicio	Final
18/10/12	19/10/12


 Maritza Yanez Navarrete
 Técnica de Laboratorio

NOTA: El informe afecta solo a la muestra de ensayo
El informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización del laboratorio

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Resultados del Análisis del agua antes del tratamiento		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
Análisis del agua	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Certificado ❖ Por aprobar ❖ Aprobado ❖ Para informar ❖ Por calificar 	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.			
			15/05/13	4	1:1

ANEXO 5 Análisis Físico – Químico del agua Después del Tratamiento

ESPOCH

LABORATORIO DE ANÁLISIS TÉCNICOS FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Sr. Diego Cáceres

Fecha de Análisis: 12 de marzo del 2013

Fecha de Entrega de Resultados: 19 de marzo del 2013

Tipo de muestras: Agua tratada

Localidad: Tunshi Planta de Lácteos

Código LAT/043-13

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Método	Resultados
pH	und	4500-B	7.40
Dureza	mg/L	2340-C	200.0
Conductividad	μSiems/cm	2510-B	138.0

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.*

Observaciones:

Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. ANÁLISIS TÉCNICOS



Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Resultados del Análisis del agua antes del tratamiento		
Análisis del agua	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Certificado ❖ Por aprobar ❖ Aprobado ❖ Para informar ❖ Por calificar 	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	FECHA	LÁMINA	ESCALA
			15/05/13	5	1:1

ANEXO 6 ESTIMADO DE COSTOS GENERAL DE LOS DISPOSITIVOS

RESUMEN DE COSTO GENERAL

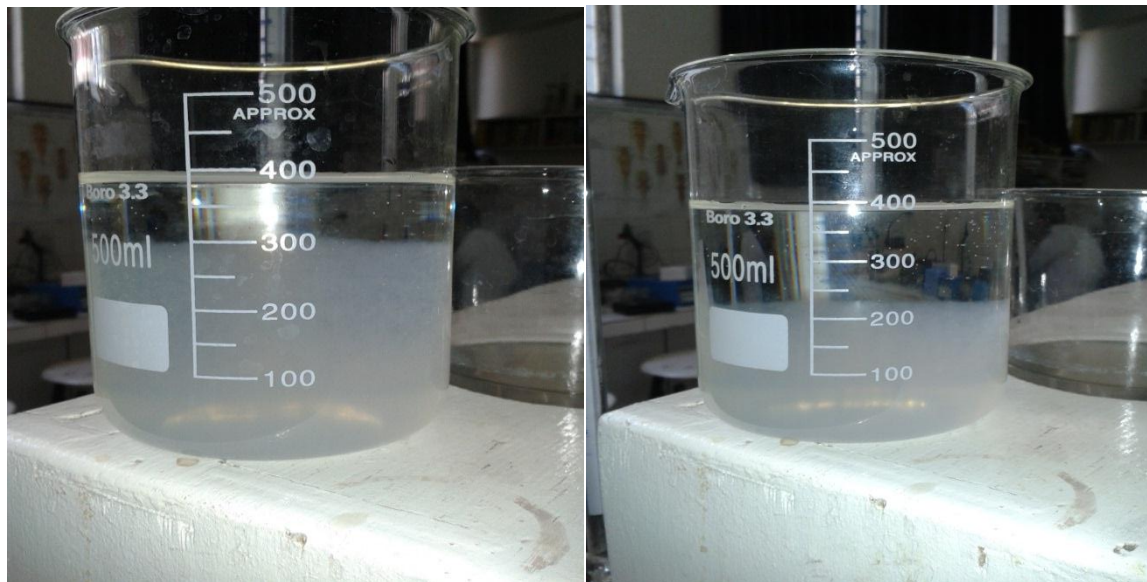
Ítem	Costo(\$)
Aforador	1108.88
Homogenizador	2050.66
Sedimentador	900.56
Tanque de desinfección	1200.78
Estructura para Montaje de Equipos	320.89
Acondicionamiento del terreno	2200.78
Total	7782.55

COSTOS DE OPERACIÓN

Ítem	Costo(\$)
Costos de Insumos (por turno)	20.54
Reactivos (una vez al año)	450.67
Costo de energía eléctrica (por turno)	12.56
TOTAL	483.77

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	Costo General de los Dispositivos		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
Análisis del agua	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Certificado ❖ Por aprobar ❖ Aprobado ❖ Para informar ❖ Por calificar 	Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	15/05/13		1:1

ANEXO 7 Concentración ideal de Hidróxido de Calcio



a) Ablandamiento

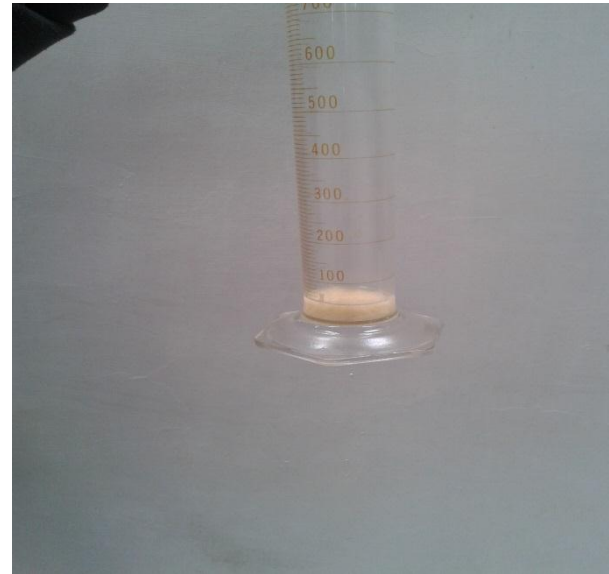
b) Sedimentación

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	Prueba de Jarras para el Diseño del Sistema de Tratamiento de Agua		
Prueba de jarras de 500ml			FECHA	LÁMINA	ESCALA
		15/05/13	6	1:1	

ANEXO 8 Concentración ideal de Cloruro Férrico



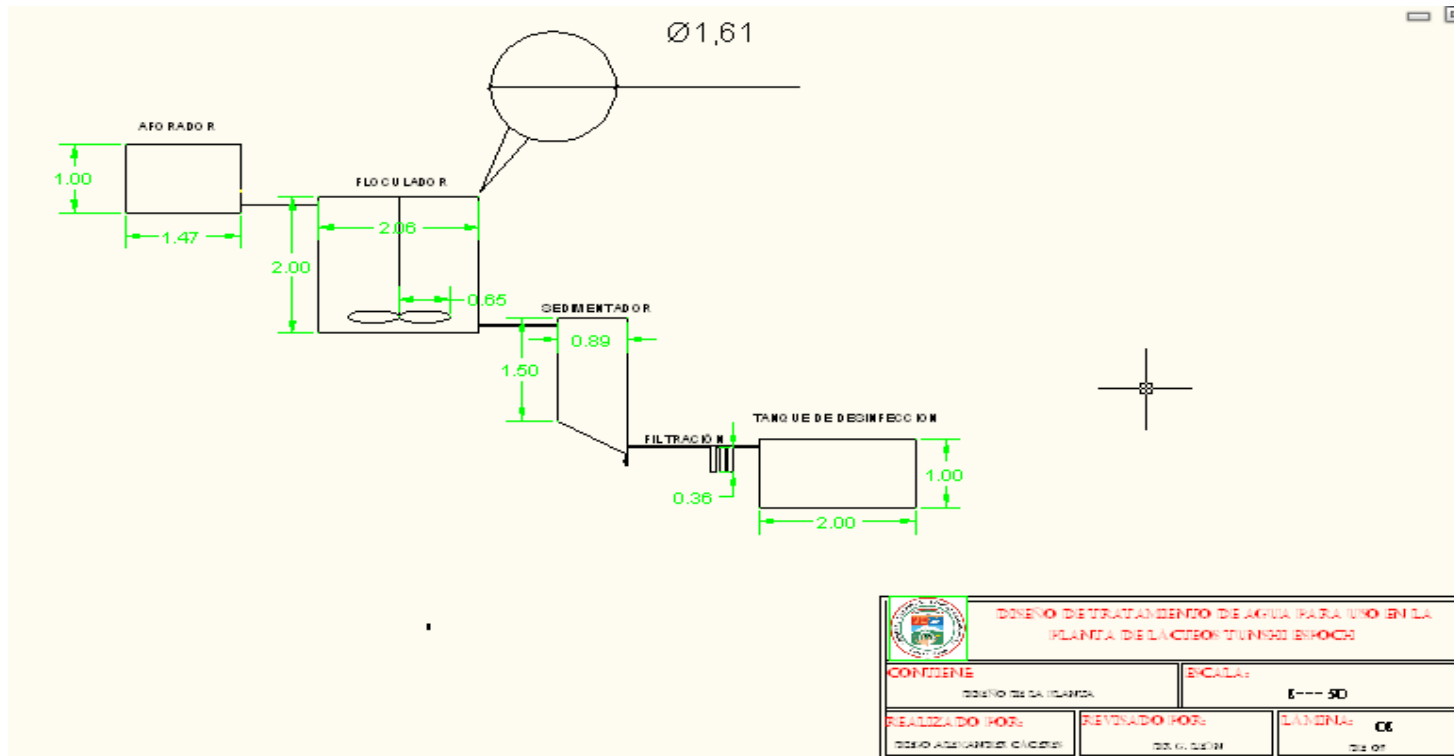
a) Adición del Coagulante



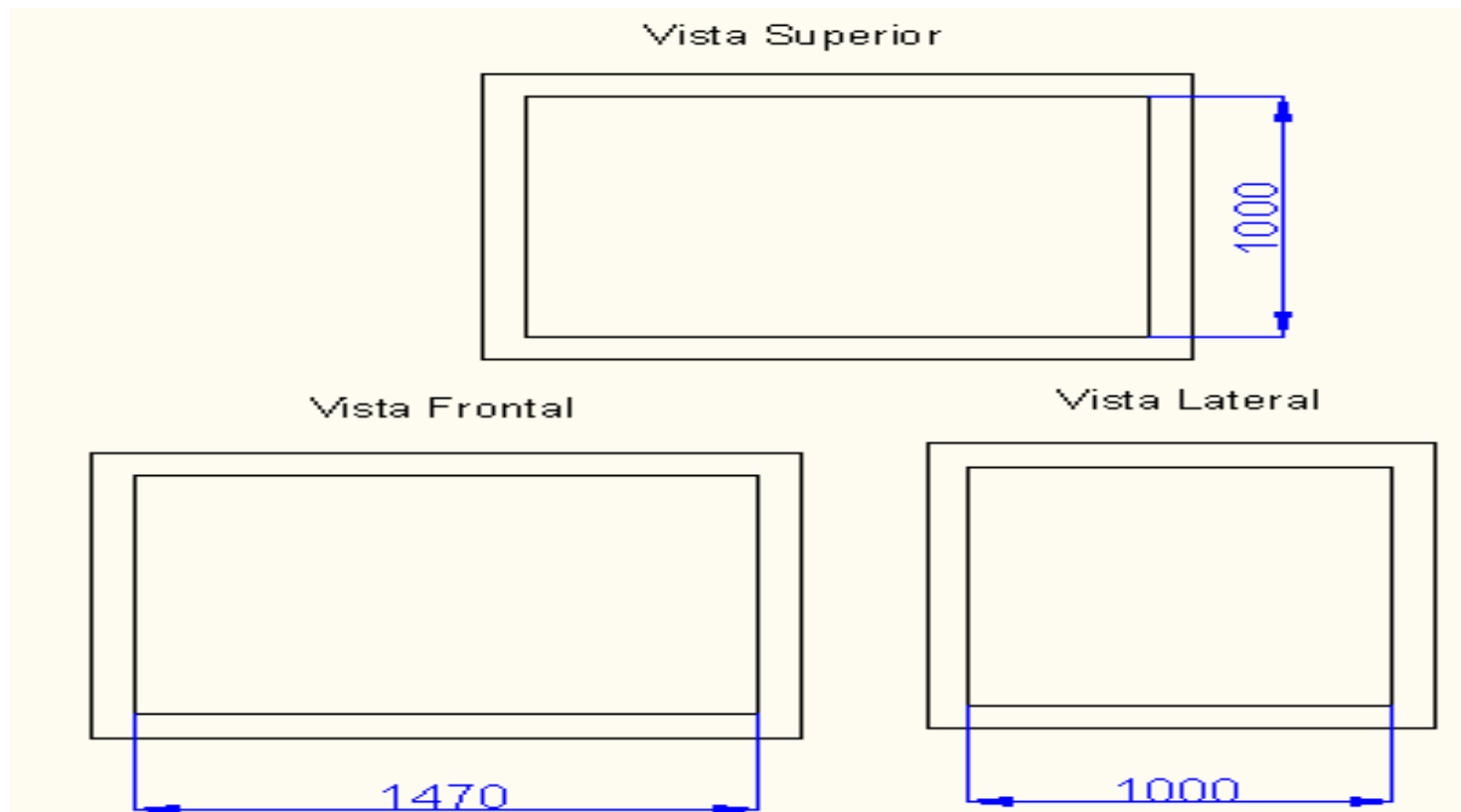
b) Sedimentación final

NOTAS		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		Prueba de Jarras para el Diseño del Sistema de tratamiento del Agua			
Prueba de jarras de 500ml	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.			FECHA	LÁMINA	ESCALA
		15/05/13	7	1:1			

PLANOS

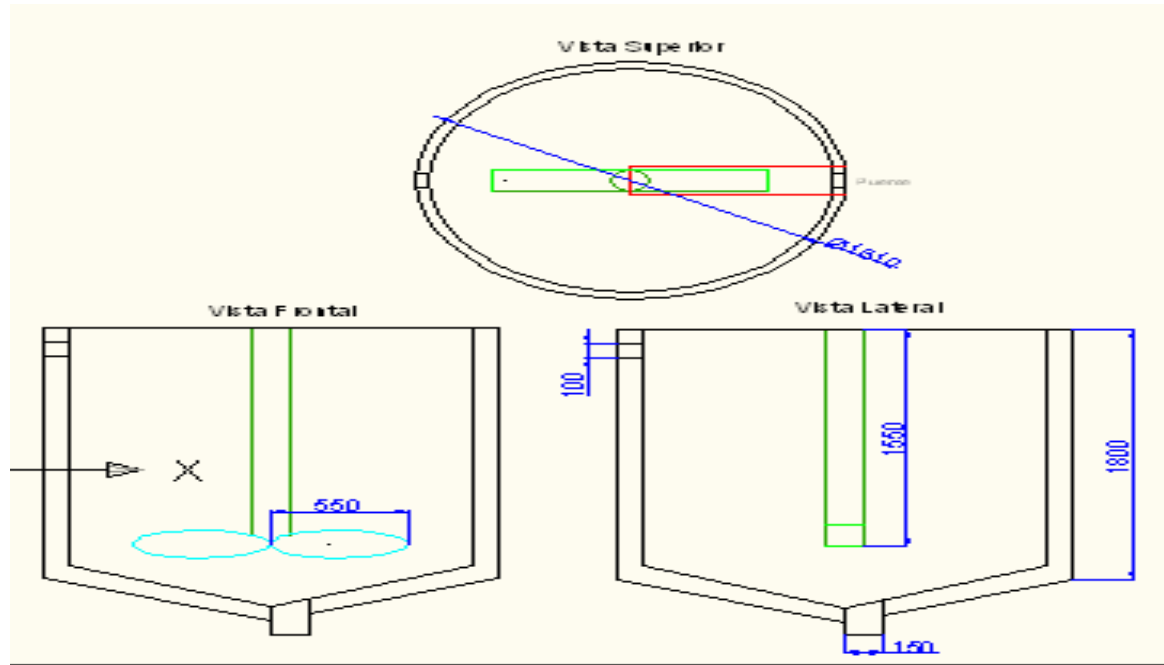


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> Certificado Por aprobar Aprobado Para informar Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	Plano general del diseño de los dispositivos de tratamiento		
			FECHA	LÁMINA	ESCALA
			15/05/13	1-5	1:50

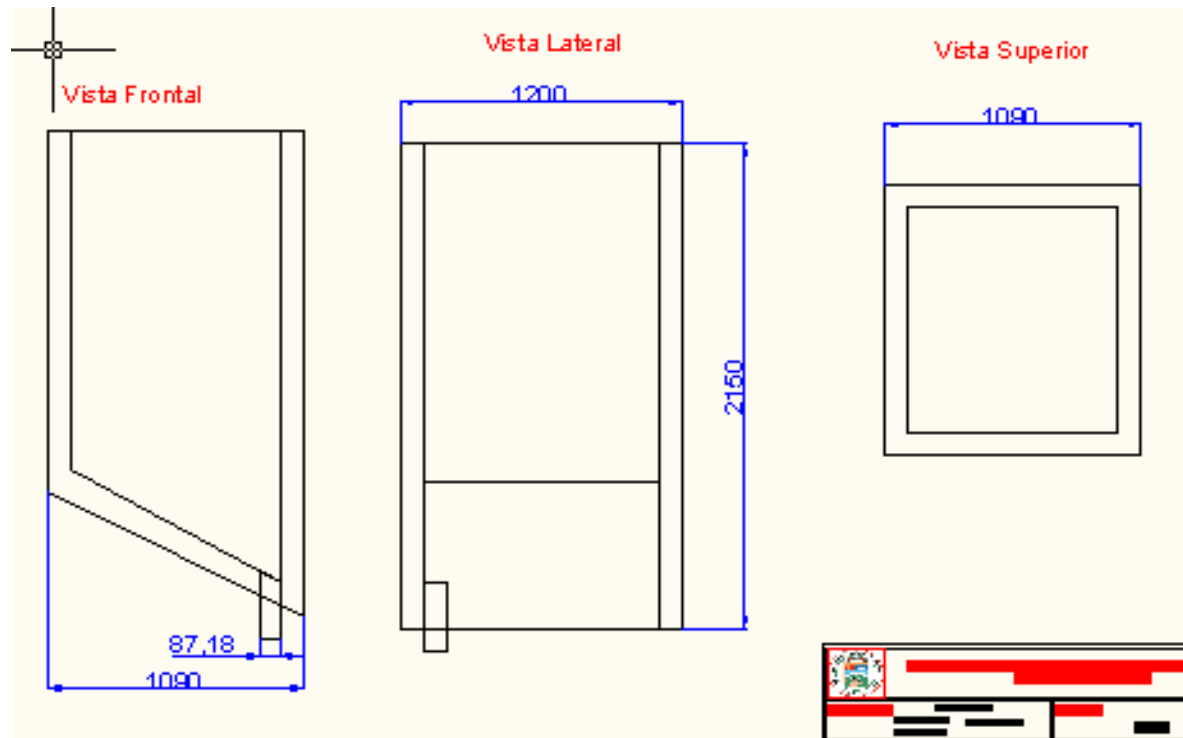


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	Plano general del diseño de los dispositivos de tratamiento		
Diseño del aforador	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 		FECHA	LÁMINA	ESCALA
		15/05/13	2-5	1:20	

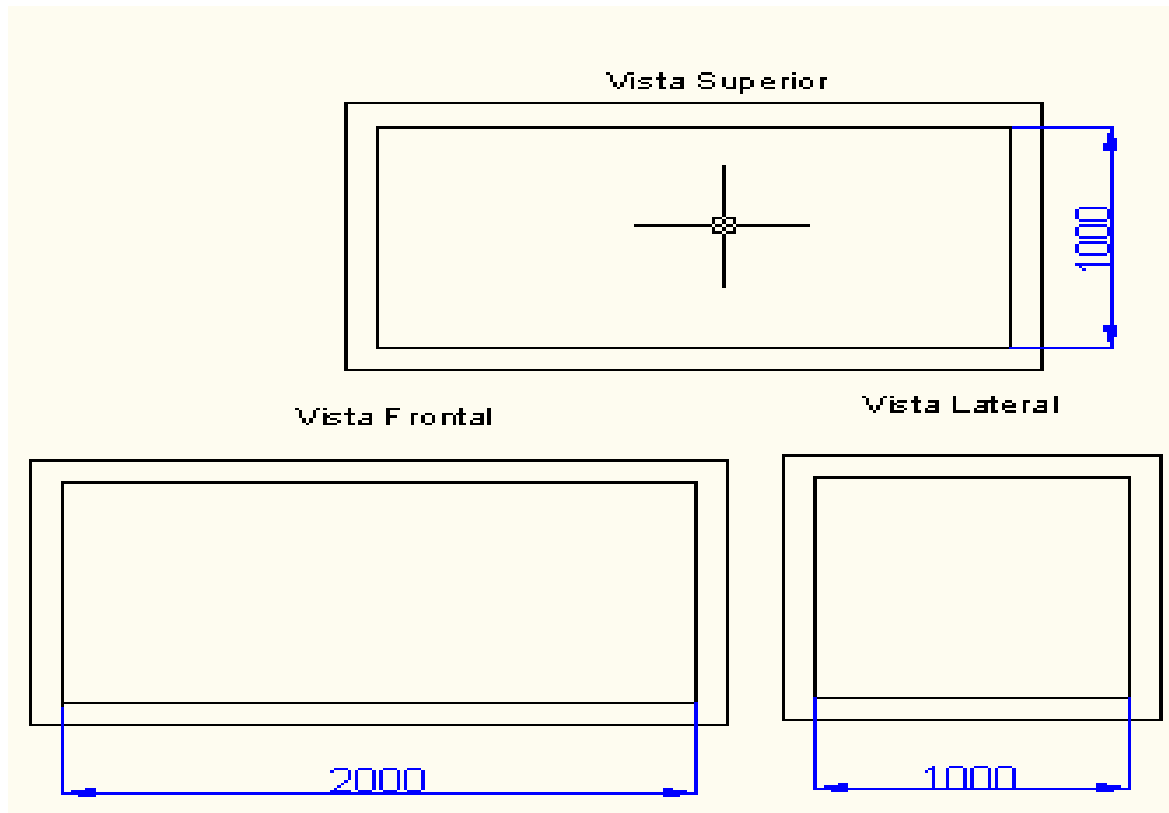
ANEXO 9 Planos del Diseño de los dispositivos del proceso de Tratamiento



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE	Plano general del diseño de los dispositivos de tratamiento		
	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 	CHIMBORAZO	FECHA	LÁMINA	ESCALA
Diseño del Homogenizador		Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	15/05/13	3-5	1:20



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	Plano general del diseño de los dispositivos de tratamiento		
Diseño del Sedimentador	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 		FECHA	LÁMINA	ESCALA
			15/05/13	4-5	1:20



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA <ul style="list-style-type: none"> • Certificado • Por aprobar • Aprobado • Para informar • Por calificar 	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Facultad de Ciencias Escuela de Ingeniería Química Diego Alexander Cáceres O.	Plano general del diseño de los dispositivos de tratamiento		
Diseño del tanque de desinfección			FECHA	LÁMINA	ESCALA
		15/05/13	5-5	1:20	

