



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y
PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA
DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE
SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN
SISTEMA DE AGUA POTABLE**

AUTOR:

Chong-Qui Chang, Ángel Galo

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de
INGENIERO CIVIL**

TUTORA:

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Mg.Sc.

Guayaquil, Ecuador

2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Chong-Qui Chang, Ángel Galo**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTORA

f. _____
Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Mg.Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Marzo del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Chong- Qui Chang Ángel Galo**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE** previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

f. 
Chong-Qui Chang, Ángel Galo



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Chong-Qui Chang, Ángel Galo**

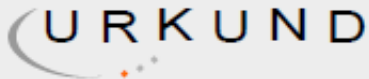
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR:

f. 
Chong-Qui Chang, Ángel Galo

URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO GALO CHON QUI.docx (D26698779)
Submitted: 2017-03-23 16:34:00
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 7 %

Sources included in the report:

TAREA.docx (D15303089)
Nuvia Alvarado capitulo IV.docx (D13142569)
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN JEFFERSON AREVALO.docx (D23216690)
141216 TESIS-(WILLAM VILLARREAL ROSALES) Rev D.docx (D12735754)
4 urco.docx (D13353833)
tesis Agosto.docx (D15042394)
http://www.aguasdebuga.net/intranet/sites/default/files/PR-57_Rev-02.%20AN%C3%81LISIS%20DE%20TURBIDEZ.pdf
<http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1108.2011.pdf>
<http://www.quimicadelagua.com/Quimico.Aluminio.html>

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres y familia por el apoyo incondicional que he recibido durante todo este proceso de carrera universitaria.

A mi tío por el apoyo que me ha dado y abrirme las puertas de su casa durante estos años de estudio.

A mis profesores por haber compartido conmigo todo su conocimiento y en especial a mi tutora por ayudarme con este proyecto de tesis.

A mis amigos que siempre estuvieron para mí, y ayudaron hacer esta etapa de mi vida más divertida.

Ángel Galo Chong Qui Chang

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios y mi familia por guiarme paso a paso durante esta etapa de mi vida, brindándome la mejor educación, y valores para así poder tomar las mejores decisiones cada día.

Ángel Galo Chong Qui Chang



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. _____

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Mg.Sc.

TUTORA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Castro Beltrán, Andrés Fernando, Mg.Sc.

DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Mg.Sc.

OPONENTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

CALIFICACIÓN

f. _____

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra, Mg.Sc.

TUTORA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, Mg.Sc.

DIRECTORA DE CARRERA

f. _____

Ing. Castro Beltrán, Andrés Fernando, Mg.Sc.

DELEGADO DE COORDINADOR DE ÁREA

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, Mg.Sc.

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1 ANTECEDENTES.....	17
1.2 OBJETIVO.....	19
1.2.1 Objetivo General.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19
1.3 ALCANCE.....	19
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 AGUAS SUPERFICIALES.....	20
2.2 AGUA DE LAGOS Y RIOS.....	20
2.3 CALIDAD DE AGUA EN LOS RIOS.....	20
2.4 CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO.....	21
2.5 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA.....	21
2.5.1 Parámetros Físicos.....	21
2.5.1.1 Turbidéz.....	21
2.5.1.2 Color.....	22
2.5.1.3 Temperatura.....	22
2.5.2 Parámetros Químicos.....	22
2.5.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH).....	23
2.5.2.2 Sólidos Totales.....	23
2.5.2.3 Nitratos.....	23
2.5.2.4 Nitritos.....	23

2.5.2.5	Fosfatos.....	24
2.5.2.6	Sulfatos.....	24
2.5.2.7	Aluminio.....	24
2.5.2.8	Plomo.....	24
2.5.2.9	Fluoruros.....	25
2.5.2.10	Cloruro.....	25
2.5.3	Parametros Biologicos.....	26
2.6	CALIDAD DE AGUA.....	26
2.6.1	Agua para consumo humano.....	26
2.6.2	Requisitos para la potabilización del agua.....	27
2.6.3	El Río Daule Como Fuente De Agua Para Consumo Humano.....	31
2.7	PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	31
2.7.1	Pre tratamiento (Tanque Sedimentador Tipo I).....	32
2.7.2	Coagulación-floculación.....	32
2.7.3	Decantación.....	33
2.7.4	Filtración.....	33
2.7.5	Desinfección.....	34
2.8	FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA SEDIMENTADOR COMO TRATAMIENTO PRIMARIO.....	35
2.8.1	Variables que afectan la sedimentación.....	36
2.8.2	Sedimentación Tipo I (Pre sedimentador).....	37
2.8.3	Tanque de sedimentación ideal – Sedimentación Tipo 1 (Pre sedimentador)	40

2.8.4 Información Básica Para El Diseño del Tanque Sedimentador Tipo I (Pre Tratamiento).....	47
2.8.5 Dimensionamiento.....	51
2.8.6 Análisis De Riesgo Y Vulnerabilidad De Las Instalaciones.....	52
3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	53
3.1 TRABAJO DE CAMPO.....	53
3.1.1 Logística de campo.....	56
3.1.2 Equipos y materiales usados en el muestreo.....	56
3.2 TRABAJO DE ESCRITORIO.....	57
3.2.1 Parámetros para el análisis de laboratorio.....	57
3.2.2 Análisis de laboratorio y resultados.....	57
3.2.3 Análisis de resultados.....	62
3.2.4 Porcentaje de remoción de DBO.....	64
3.2.5 Análisis de Curvas de sedimentación para el cálculo de la velocidad de sedimentación.....	64
3.3 DIMENSIONAMIENTO.....	67
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características físicas</i>	27
Tabla 2. <i>Sustancias orgánicas</i>	28
Tabla 3. <i>Plaguicidas</i>	29
Tabla 4. <i>Residuos de desinfectantes</i>	29
Tabla 5. <i>Subproductos de desinfección</i>	30
Tabla 6. <i>Cianotoxinas</i>	30
Tabla 7. <i>Requisitos microbiológicos</i>	30
Tabla 8. <i>Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 1a</i>	58
Tabla 9. <i>Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 1b</i>	59
Tabla 10. <i>Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 2a</i>	60
Tabla 11. <i>Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 2b</i>	61
Tabla 12. <i>Cuadro resumen de parámetros analizados</i>	62
Tabla 13. <i>Resultados de la prueba de cono imhoff</i>	65
Tabla 15. <i>Resultados de la prueba de cono imhoff</i>	66
Tabla 17. <i>Datos censales de la población de Nobol</i>	67
Tabla 18. <i>Tasas de crecimiento poblacional</i>	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1.</i> Muestras de agua con diferentes grados de turbidez.....	22
<i>Ilustración 2.</i> Proceso de coagulación y floculación.....	33
<i>Ilustración 3.</i> Proceso de potabilización del agua.....	34
<i>Ilustración 4.</i> Sedimentación d una partícula discreta en reposo.....	37
<i>Ilustración 5.</i> Zonas hipotéticas en un tanque de sedimentación rectangular Tipo I (Presedimentador).....	41
<i>Ilustración 6.</i> Sedimentación de partículas discretas de Tanque Sedimentador Tipo I (Presedimentador).....	42
<i>Ilustración 7.</i> Volúmenes rectangulares de una suspensión de partículas no floculentas en sedimentación bajo condiciones tranquilas.....	43
<i>Ilustración 8.</i> Columna para análisis de sedimentación.....	45
<i>Ilustración 9.</i> Curva para análisis de la velocidad de asentamiento de partículas discretas.....	46
<i>Ilustración 10.</i> Ubicación de la pantalla difusora desde la pared de entrada.....	49
<i>Ilustración 11.</i> Ubicación de los orificios en la pantalla difusora.....	50
<i>Ilustración 12.</i> Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra 1 (Puente Lucia).....	54
<i>Ilustración 13.</i> Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra 2 (Nobol).....	55
<i>Ilustración 14.</i> Botella muestreadora van dorn.....	56
<i>Ilustración 15.</i> Prueba del Cono Imhoff para velocidad de sedimentación.....	63
<i>Ilustración 16.</i> Grafica de la prueba de cono imhoff.....	65
<i>Ilustración 18.</i> Grafica de la prueba de cono imhoff.....	66
<i>Ilustración 20.</i> Gráfico de dispersión de la proyección de la población.....	68

ABSTRACT

This thesis project entitled "ANALYSIS OF SEDIMENT CONCENTRATIONS AND PERCENTAGE OF BOD AND SST REMOVAL IN RIO DAULE WATER SAMPLES USING A SEDIMENTATOR TANK MODEL AS PRE-TREATMENT FOR THE DESIGN OF A DRINKING WATER SYSTEM", has The purpose of making a characterization of physical-chemical parameters of the water of the Daule river.

In addition to having a feasibility analysis of the implementation of a primary treatment system (Type I Sedimentation Tank) within a water treatment treatment system, thus calculating the percentage of total solids removal (SST) and biochemical oxygen demand (BOD) with the implementation of the primary treatment system.

Two samples were taken in the Daule river, one at the site named Puente Lucia and the other at Nobol, then a sedimentation model was carried out with the Imhoff cone, obtaining different sedimentation readings after 80 minutes, samples were taken At the beginning and at the end to establish the percentages of removal, in BOD5 and SST, obtaining on average a removal in the order between 20 and 25%, then the sedimentation rate was obtained from the laboratory with a value of 0.00025 cm / Min, and was compared with the settling velocity calculated using the Stokes law 2.58 cm / min, thus designing the Settling Tank with an area of 307 m², depth 3.4 and retention time of 2 hours.

Noting its importance for the design of treatment plants.

Keywords:

Parameters, drinking water, Type I Sedimentation Tank, primary treatment, total solids, biochemical oxygen demand.

RESUMEN

El presente proyecto de tesis titulado “ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE”, tiene la finalidad de hacer una caracterización de parámetros físico-químicos del agua del río Daule.

Además tener un análisis de factibilidad de la implementación de un sistema de tratamiento primario (Tanque Sedimentador Tipo I) dentro de un sistema de tratamiento para potabilizar agua, calculando así el porcentaje de remoción de sólidos totales (SST) y demanda biológica de oxígeno (DBO) con la implementación del sistema de tratamiento primario.

Se tomaron dos muestras en el río Daule, una en el sitio denominado Puente Lucía y la otra en Nobol, luego se procedió a realizar un modelo de sedimentación con el Cono Imhoff, obteniéndose diferentes lecturas de sedimentación al cabo de 80 minutos, se tomaron muestras al inicio y al final para establecer los porcentajes de remoción, en DBO₅ y SST, obteniéndose en promedio una remoción por el orden entre el 20 y 25 %, posteriormente se obtuvo del laboratorio la velocidad de sedimentación con un valor de 0,00025 cm/min, y se comparó con la velocidad de sedimentación calculada usando la ley de Stokes 2,58 cm/min, diseñando así el Tanque Sedimentador Tipo I con área de 307 m², profundidad 3,4 m y tiempo de retención de 2 horas.

Notándose su importancia para el diseño de plantas de tratamiento.

Palabras Claves: parámetros, agua potable, Tanque Sedimentador Tipo I, tratamiento primario, sólidos totales, demanda biológica de oxígeno.

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La sedimentación en ríos es un proceso natural que se produce en estuarios, y es la causa por la cual su morfología ha sufrido cambios de manera constante a través del tiempo, sin embargo este proceso se ha incrementado paulatinamente a través de los años por acción propia de la naturaleza. De la misma manera estos efectos y procesos antrópicos se han producido en el río Daule y Guayas en los últimos 15 años. Por lo tanto la calidad del agua de estos cuerpos superficiales se ha visto afectada.

Entre las posibles causas que aceleran este proceso de sedimentación están:

- El evento “el niño”.
- La deforestación.
- Las mareas.
- Construcción de muros de contención en las riberas de los ríos.
- La construcción de piscinas camaroneras, entre otros.

El sedimento predominante en la desembocadura del Río Daule es una arena de grano fino, con mala clasificación con asimetría positiva, según Soledispa, P. (2002).

Guayaquil cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable (Planta de Tratamiento la Toma), el cual se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 26 vía a Daule. El tratamiento consta de tres plantas potabilizadoras y una estación de bombeo que capta agua del río Daule, las mismas que se anotan a continuación:

- Planta Convencional.
- Planta Lurgi.
- Planta 10 m.c.s (Planta Nueva).

En los años 1950- 1951 fue construida la Planta Convencional que constaba con dos pre decantadores, los cuales posteriormente en 1968 fueron convertidos en dos nuevas cámaras de floculación, entre otras modificaciones realizadas con el fin de aumentar su producción que en la actualidad es de 440.000 m³ por día.

La Plantas Lurgi y Nueva con una producción de 160.000 m³ y 860.000 m³, no constan con un pre decantador dentro de su proceso de tratamiento de agua potable.

En resumen el proceso que realizan estas plantas es captar el agua cruda e impulsarla por estaciones de bombeos hasta las cámaras de admisión en las plantas de tratamiento donde se reparten los caudales a ser tratados, mediante los procesos de coagulación, pre cloración, floculación, filtración y desinfección final.

En todo este proceso se ha podido constatar que no existe un sedimentador primario y que el agua cruda ingresa directamente hacia la planta a través de las bombas, lo que podría estar generando un mantenimiento más seguido de los equipos y produciendo un bajo rendimiento de los mismos, además producto del tratamiento secundario con floculación, se ha observado que se genera una gran cantidad de lodos, los mismos que son regresados al río aguas abajo de la captación, lo que determina la necesidad de analizar la posibilidad de implementar un pre tratamiento con Tanque Sedimentador Tipo I con el fin de remover un gran porcentaje de SST (Solidos Totales).

Para propósitos de tratamiento de agua potable utilizando el agua del río Daule, no solo para la ciudad de Guayaquil, sino también considerando que aguas arriba se realiza varias captaciones para otras ciudades como: Nobol, Daule, Santa Lucia, Palestina, Colimes, etc; se quiere analizar en época de estiaje, cuáles son las concentraciones promedio de SST que se están presentando actualmente en el río Daule, a través de la toma de varias muestras compuestas en puntos estratégicos, así como se quiere también analizar el porcentaje de remoción de los SST y DBO (Demanda Biológica De Oxigeno), utilizando un modelo de tratamiento primario a través de Tanque Sedimentador Tipo I.

Posteriormente se desea conocer cómo puede influir en un sistema de tratamiento, el pre-tratamiento compuesto de Tanque Sedimentador Tipo I en la remoción de los SST y DBO5.

Esta investigación sería de utilidad al momento de iniciar un proceso de tratamiento de agua potable y conocer la eficacia o no de utilizar un Tanque Sedimentador Tipo I como pre-tratamiento de agua potable.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general de esta investigación es establecer en época de estiaje, cuáles son las concentraciones promedio de SST y DBO5 que se están presentando actualmente en el río Daule y conocer cómo puede influir un pre-tratamiento compuesto de Tanque Sedimentador Tipo I en la remoción de la concentración de los SST y DBO5 a través de la toma de varias muestras compuestas en puntos estratégicos del río Daule.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar información secundaria respecto a la caracterización de la calidad del agua del río Daule.
- Realizar la toma de muestras en dos sitios estratégicos del río Daule.
- Determinar las concentraciones de DBO y SST, de las muestras tomadas que con el fin de establecer una línea base y comparar los resultados con la Norma aplicable.
- Realizar a diferentes tiempos el grado de sedimentación obtenido y toma de muestra para determinar el porcentaje de remoción de los parámetros de estudio y velocidad de sedimentación respecto al tiempo.
- Diseñar un modelo de Tanque Sedimentador Tipo I con los datos y resultados obtenidos.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

1.3 ALCANCE

El alcance de esta investigación es evaluar la concentración de los sedimentos contenidos en el agua del río Daule en un tramo específico y establecer un modelo de Tanque Sedimentador Tipo I como pre-tratamiento con la finalidad determinar los porcentajes de remoción de SST y DBO y comparar con la teoría clásica.

2. CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 AGUAS SUPERFICIALES

Las aguas superficiales se dividen en ríos, quebradas, lagos, embalses, etc. El agua dulce que usamos viene de dos fuentes: agua de escorrentía y agua subterránea. Durante el proceso del ciclo hidrológico el agua precipitada que no se infiltra en el suelo, o que regresa a la atmósfera, por evaporación o transpiración se conoce como agua superficial (CADENA, 2014).

Al agua que fluye por la superficie de la tierra hasta los cuerpos de agua en la superficie se le conoce como escurrimiento superficial, y al agua que fluye por los ríos hasta los océanos se le denomina escurrimiento fluvial. Se considera que la contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir por fuentes no puntuales y por fuentes puntuales (CADENA, 2014).

2.2 AGUA DE LAGOS Y RÍOS

El agua de los ríos y lagos tienen composiciones variables. Esto es posible ya que tanto unos como otros a menudo contienen agua que ha estado en contacto con varias formaciones geológicas. Este líquido puede haber fluido a grandes y cortas distancias sobre la tierra, pudo haber disuelto minerales y sustancias de vida vegetal en descomposición a lo largo del recorrido y, además, pueden contener materiales descargados por los seres humanos (HO, 2002).

2.3 CALIDAD DE AGUA EN LOS RÍOS

La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido cada uso requiere un determinado estándar de calidad (CADENA, 2014).

La calidad del agua está afectada por diversos factores como los usos del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento que se le da antes de ser vertida nuevamente a los cuerpos de agua, y la cantidad misma en ríos y lagos, ya que de ésta depende su capacidad de purificación (CADENA, 2014).

2.4 CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO

La contaminación del ambiente acuático se debe primordialmente a la introducción directa o indirecta de sustancias por el hombre. Algunas de las consecuencias más relevantes son:

1. Daño a organismos vivientes.
2. Peligros a la salud humana.
3. Interferencia a actividades acuáticas.
4. Disminuir la calidad de agua según su uso en agricultura, industria y por lo general actividades económicas.

2.5 PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA

La calidad del agua es el resultado del impacto de la actividad humana, del ciclo hidrológico natural, y procesos físicos, químicos y biológicos.

2.5.1 Parámetros Físicos

Son aquellas sustancias que tienen relación directa sobre la estética del agua como son:

2.5.1.1 Turbidéz

La turbidez se define como una mezcla que disminuye la transparencia del agua. Es causada por materias en suspensión, como arcilla, materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros micro-organismos; dichas partículas cambian su tamaño desde 0,1 a 1.000 nanómetros (nm) de diámetro (CADENA, 2014).



Ilustración 1. Muestras de agua con diferentes grados de turbidez

2.5.1.2 Color

Se las denomina propiedades organolépticas o determinables por los sentidos. No son una medida precisa del nivel de contaminación, aunque su presencia es un indicio de que la depuración de un efluente no está siendo correcta. Tiene mucha importancia en aguas potabilizadas, por el rechazo que puede darse en el consumidor al detectar colores, olores o sabores que no son asociados con “agua pura” (CADENA, 2014).

No existe una proporcionalidad directa entre color y grado de contaminación, ya que al tratarse de un parámetro fuertemente influido por interferencias con otras sustancias coloreadas, es difícil su evaluación absoluta (CADENA, 2014).

2.5.1.3 Temperatura

Es el parámetro físico más importante del agua, además de afectar la viscosidad y la rapidez de las reacciones químicas intervienen en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento de agua, tiene mucha importancia debido a que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el potencial de hidrógeno, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (CADENA, 2014).

2.5.2 Parámetros Químicos

Se clasifican en 2 clases:

Indicadores: pH, acidez, alcalinidad.

Sustancias químicas: Sólidos Totales, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos, Aluminio, Plomo, Fluoruros, etc.

Indicadores

Se define como indicadores, los parámetros cuyas concentraciones en el agua se deben a la presencia de interacción de varias sustancias (CADENA, 2014).

2.5.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

Es una expresión de la intensidad de las condiciones ácidas de un líquido, puede variar entre 1 y 14. Este valor define en parte la capacidad de purificación de una corriente y, por ende, su contenido de materia orgánica, además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados. Puede medirse en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos pH-metro, (CADENA, 2014).

2.5.2.2 Sólidos Totales

Es la suma de las partículas sólidas, tanto disueltas como en estado de suspensión, que encontramos tanto en el agua como en aguas residuales (CADENA, 2014).

2.5.2.3 Nitratos

Son sustancias químicas que se encuentran en el suelo en pequeñas cantidades. Los fertilizantes y las aguas negras de origen animal también son fuentes de nitratos (CADENA, 2014).

2.5.2.4 Nitritos

En aguas superficiales crudas, las marcas de nitrito son indicativo de contaminación. Causado a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma las nitroso-aminas que son cancerígenas (CADENA, 2014).

2.5.2.5 Fosfatos

Se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras (CADENA, 2014).

2.5.2.6 Sulfatos

Los sulfatos al combinarse con iones de calcio y de magnesio en aguas de consumo humano producen un efecto de laxante. En aguas residuales al entrar en contacto con el concreto inducen a la formación de cristales de sulfato aluminato que originan una expansión del material que destruye su textura (CADENA, 2014).

2.5.2.7 Aluminio

El aluminio constituye alrededor del 8% siendo el elemento metálico más abundante de la corteza terrestre; frecuentemente aplican el uso de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos. Este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada (Marco, 2017).

Una alta concentración residual puede suministrar al agua color y turbidez no deseables. Hay escasos indicios de que el consumo de aluminio por vía oral produzca toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuencia con que este elemento se presenta en alimentos, agua de consumo y numerosos antiácidos. No puede identificarse actualmente un valor de referencia con que este elemento produzca efectos adversos en la salud humana (Marco, 2017).

2.5.2.8 Plomo

Se encuentra en el agua de grifo rara vez procede de la disolución de fuentes naturales, generalmente proviene de instalaciones de fontanería domésticas que contienen plomo en las tuberías, soldaduras, accesorios o las conexiones de servicio en casas. El valor de plomo que es disuelto en instalaciones de fontanería depende de diversos factores como el pH, la temperatura, la dureza del agua y el tiempo de permanencia del agua en la instalación. El plomo es más soluble en aguas blandas y ácidas (Marco, 2017).

Se acumula en el esqueleto y es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico e induce efectos neurológicos extra encefálicos y efectos conductuales. Resultados de estudios epidemiológicos prospectivos sugieren que la exposición prenatal al plomo puede tener efectos precoces en el desarrollo mental (Marco, 2017).

2.5.2.9 Fluoruros

El contenido de flúor en la superficie terrestre es aproximadamente 0,3 g/kg y se encuentra en forma de fluoruros en diversos minerales. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. En la mayoría de las circunstancias, los alimentos parecen ser la principal fuente de ingesta de fluoruro, mientras que la aportación procedente del agua de consumo y de los dentífricos es menor. En zonas con concentraciones relativamente altas, especialmente en aguas subterráneas, el agua de consumo adquiere mayor importancia como fuente de fluoruro (Marco, 2017).

El fluoruro afecta principalmente a los tejidos óseos (huesos y dientes). Las concentraciones bajas (entre 0,5 y 2,0 mg/L) protegen, sobre todo a los niños, de las caries dentales, no obstante, el fluoruro también puede producir un efecto adverso en el esmalte dental y puede provocar fluorosis dental leve en concentraciones de 0,9 a 1,2 mg/L en el agua de consumo, en función de la ingesta. Asimismo, las ingestas elevadas de fluoruro pueden producir efectos más graves en los tejidos óseos (Marco, 2017).

2.5.2.10 Cloruro

El cloruro que se presenta en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo. Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua (Marco, 2017).

No existe un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo humano. No obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/L pueden conferir al agua un sabor perceptible (Marco, 2017).

2.5.3 Parametros Biologicos

Dichos parámetros son indicativos de contaminación orgánica y biológica; tanto la actividad natural como la humana contribuyen a la contaminación orgánica: la descomposición animal y vegetal, los residuos domésticos, como detergentes entre otros (Camacho, 2017).

Oxígeno Disuelto (OD): Su presencia es fundamental para mantener la vida acuática y la calidad de las aguas. La carencia del mismo se presenta como consecuencia de la contaminación. La concentración de OD es indicativo, del estado de septización, potencialidad para producir malos olores, calidad de las aguas, y estimación de la actividad fotosintética (Camacho, 2017).

Demanda Biológica De Oxígeno (DBO): Mide la porcentaje de OD consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO5), también suele emplearse (DBO21) días. Se mide en ppm de O₂ que se consume (Camacho, 2017).

Demanda Química De Oxígeno (DQO): Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es la medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de O₂ (Camacho, 2017).

2.6 CALIDAD DE AGUA

2.6.1 Agua para consumo humano

Según la NTE INEN 1108 (2011) afirma:

El agua para consumo humana es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (ECUATORIANA, 2011).

2.6.2 Requisitos para la potabilización del agua

La NTE INEN 1108:2011 señala en el documento Agua Potable Requisitos; que el agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

Tabla 1. Características físicas

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Características Físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 0,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radicación total α*	Bg/l	0,1
Radicación total β**	Bg/l	1
Selenio, Se	mg/l	0,01
¹⁾ Es el rango en que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos		
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰ Po, ²²⁴ Ra, ²²⁶ Ra, ²³² Th, ²³⁴ U, ²³⁸ U, ²³⁹ Pu		
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰ Co, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Sr, ¹²⁹ I, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs		

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO
Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP Benzo [a] pireno	mg/l	0,0007
Hidrocarburos:		
Benceno	mg/l	0,01
Tolueno	mg/l	0,7
Xileno	mg/l	0,5
Estireno	mg/l	0,02
1,2 dicloroetaeno	mg/l	0,03
Cloruro de vinilo	mg/l	0,0003
Tricloroeteno	mg/l	0,02
Tetracloroeteno	mg/l	0,04
Di(2-etilhexil) ftalato	mg/l	0,008
Acrylamida	mg/l	0,0005
Epiclorohidrina	mg/l	0,0004
Hexaclorobutadieno	mg/l	0,0006
1,2 Dibromoetano	mg/l	0,0004
1,4- Dioxano	mg/l	0,05
Ácido Nitrilotriacetico	mg/l	0,2

Tabla 2. Sustancias orgánicas

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Isoproturon	mg/l	0,009
Lindano	mg/l	0,002
Pensimetalina	mg/l	0,02
Pentaclorofenol	mg/l	0,009
Dicloroprop	mg/l	0,1
Alacloro	mg/l	0,02
Aldicarb	mg/l	0,01
Aldrin y Dieldrin	mg/l	0,00003
Carbofuran		0,007
Clorpirifos	mg/l	0,03
DDT y metabolitos	mg/l	0,001
1,2-Dibromo-3-cloropropano	mg/l	0,001
1,3-Dicloropropeno	mg/l	0,02
Dimetoato	mg/l	0,006
Endrin	mg/l	0,0006
Terbutilazina	mg/l	0,007
Clordano	mg/l	0,0002

Tabla 3. *Plaguicidas*

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Monocloramina	mg/l	3

Tabla 4. *Residuos de desinfectantes*

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
2,4,6-triclorofenol	mg/l	0,2
Trihalometanos totales Si pasa de 0,5 mg/l Investigar:	mg/l	0,5
• Bromodiclorometano	mg/l	0,06
• Clorotormo	mg/l	0,3
Ácido tricloroacético	mg/l	0,2

Tabla 5. Subproductos de desinfección

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Microcistina-LR	mg/l	0,001

Tabla 6. Cianotoxinas

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml o	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , numero de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , numero de quistes/100 litros	Ausencia
* < 1,1 significa que en el ensayo de NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ o 10 tubos de cm ³ ninguno es positivo	
** <1 significa que no se observan colonias	
(1) ver el anexo 1, para número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida	

Tabla 7. Requisitos microbiológicos

Fuente: Tomada de AGUA POTABLE REQUISITOS (NTE INEN 1 108,2011).

2.6.3 El Río Daule Como Fuente De Agua Para Consumo Humano

Muchas poblaciones se abastecen del río Daule como fuente de agua para consumo, poblaciones como: Colimes, Balzar, Palestina, Santa Lucia, Nobol, etc; se abastecen del río Daule, estas poblaciones tienen plantas de tratamiento de agua potable, sin embargo existen viviendas informales a orillas del río que se abastecen y usan directamente el agua cruda para consumo.

Guayaquil cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable (Planta de Tratamiento la Toma), el cual se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 26 vía a Daule. El tratamiento consta de tres plantas potabilizadoras y una estación de bombeo que capta agua del río Daule, las mismas que se anotan a continuación:

- Planta Convencional.
- Planta Lurgi.
- Planta 10 m.c.s (Planta Nueva).

2.7 PROCESO DE POTABILIZACION DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

De manera general en un sistema de tratamiento para agua potable consiste en un grupo de procesos realizados al agua cruda que se ha tomado en punto de captación (río, lago, pozo, etc), para así poder hacerla apta para el consumo humano; los procesos que se llevan a cabo en instalaciones llamadas Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP) las cuales toman la siguiente secuencia de operaciones de manera general: (Remravares, 2017).

- Pre-tratamiento (Tanque Sedimentador Tipo I)
- Coagulación-floculación
- Decantación.
- Filtración
- Desinfección

Agua cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas (ECUATORIANA, 2011).

2.7.1 Pre tratamiento (Tanque Sedimentador Tipo I)

La primera operación de pre tratamiento consiste en la eliminación de los sólidos de gran tamaño que pueda contener el agua en punto de captación, por ejemplo hojas o ramas de árbol, piedras, etc. Para ello, se utilizan rejillas y/o tamices que retienen los sólidos. Cuando el contenido en arenas y sólidos similares en suspensión es elevado, se emplean canales desarenadores en los que los sólidos sedimentan por gravedad (Remravares, 2017).

A continuación, el agua suele someterse a un proceso de aireación, dejando caer el agua en una cascada, cuyo objetivo es incrementar la proporción de oxígeno disuelto, facilitando la depuración por medio de bacterias aerobias (Remravares, 2017).

En el pre tratamiento habitualmente se incluye una oxidación primaria, por ejemplo con dióxido de cloro (ClO_2), cuyo objetivo principal es destruir las sustancias orgánicas precursoras de trihalometanos, actuando también como etapa de pre-desinfección (Remravares, 2017).

2.7.2 Coagulación-floculación

Antes de entrar a la decantación, se ajusta el pH mediante la adición de ácidos (clorhídrico, sulfúrico) o de álcalis (hidróxido sódico, hidróxido cálcico) y se añaden al agua agentes coagulantes (sales de hierro o aluminio), que dan lugar a cationes multivalentes con cargas positivas que compensan la carga negativa de las partículas coloidales y por lo tanto eliminan las fuerzas de repulsión entre ellas, facilitando su coalescencia para dar lugar a partículas de mayor tamaño. Asimismo se añaden agentes floculantes (polielectrolitos) con el fin de aglutinar las partículas formadas en la coagulación para dar lugar a la formación de flóculos de mayor tamaño que se separan más fácilmente por decantación en la etapa posterior de decantación, al descender a mayor velocidad (Remravares, 2017).

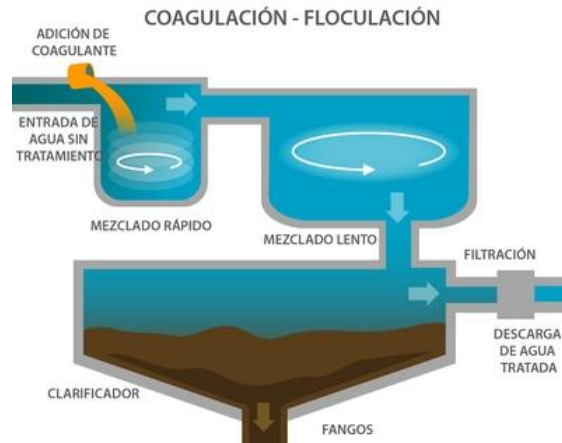


Ilustración 2. Proceso de coagulación y floculación

2.7.3 Decantación

Durante este proceso flóculos formados por la adicción de agentes coagulantes y floculantes sedimentan en tanques que pueden tener forma circular o rectangular, obteniéndose por la parte superior el agua clarificada y extrayéndose por el fondo una corriente de lodos que contienen los flóculos sólidos (Remravares, 2017).

Una variante es la denominada decantación lastrada, en la que se utilizan partículas de arena para incrementar el peso y tamaño de los flóculos, aumentando la velocidad a la que decantan en el seno del agua y reduciendo sensiblemente el tiempo necesario para la decantación (Remravares, 2017).

2.7.4 Filtración

El agua sobrenadante de la etapa de decantación, se somete a la filtración, la cual consiste en hacer pasar el agua, que todavía contiene materias en suspensión no separadas en la decantación, a través de un lecho filtrante que da paso del líquido pero no el de las partículas sólidas, las cuales quedan retenidas en el medio filtrante (Remravares, 2017).

Los medios filtrantes más utilizados son la arena y el carbón activo granular. En el caso de utilizar el carbón activado granular como material filtrante, además de la retención de las partículas sólidas, se producirá la eliminación por adsorción de sustancias orgánicas, evitando la existencia de olores y sabores en el agua filtrada (Remravares, 2017).

Existen otros tipos de lechos como lo son las membranas filtrantes que pueden ser de plástico o de metal, (Remravares, 2017).

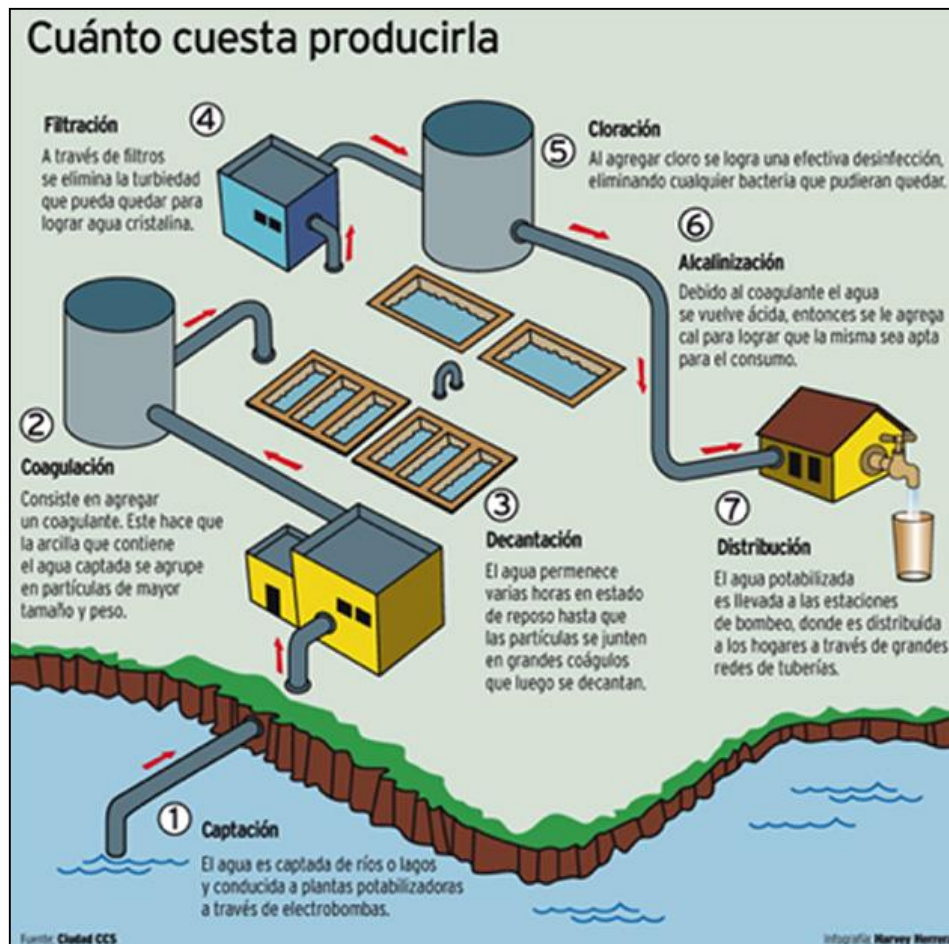


Ilustración 3. *Proceso de potabilización del agua*

2.7.5 Desinfección

La etapa final de todo el proceso de potabilización de aguas de consumo humano es siempre la desinfección. Es el proceso de mayor importancia ya que debe de garantizar la eliminación de microorganismos patógenos que son responsables de gran número de enfermedades (tifus, cólera, hepatitis, gastroenteritis, salmonelosis, etc.). En algunos casos de plantas de potabilización muy sencillas, la desinfección es la única etapa del proceso (Remravares, 2017).

La desinfección puede conseguirse mediante tratamiento con productos químicos o mediante aplicación de radiación (Remravares, 2017).

Una vez revisado de manera general los diferentes componentes de un sistema de tratamiento convencional de agua potable, el presente estudio desarrollará el análisis y diseño de un tanque pre-sedimentador para remoción de SST y DBO tomando como modelo a la ciudad de Nobol, por lo que en el siguiente acápite se analiza los criterios de diseño y dimensionamiento para el tratamiento primario.

2.8 FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA EL DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA SEDIMENTADOR COMO TRATAMIENTO PRIMARIO

En su mayoría las fuentes superficiales de agua contienen un elevado contenido de materia en estado de suspensión, siendo necesaria su remoción previa, especialmente en temporada de lluvias (CEPIS/OPS, 2005).

Los procedimientos de separación de material muy grueso (rejillas: gruesas y finas) están relacionados a las captaciones. Se considera como pre-tratamientos y acondicionamientos previos en la planta, a unidades como desarenadores y sedimentadores (CEPIS/OPS, 2005).

Sedimentación

Es la operación mediante la cual son removidas las partículas sólidas en estado de suspensión mediante la fuerza de gravedad; puede ser denominada como: clarificación o espesamiento. Son dos las formas de sedimentación usadas en la purificación del agua: sedimentación primaria (antes del tratamiento convencional) y sedimentación secundaria (después de la coagulación y floculación o ablandamiento) (Rojas, 2000).

La sedimentación simple es generalmente un tratamiento primario para reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación; en esos casos se la conoce como pre-sedimentación (Rojas, 2000).

Se considera que las partículas, aun siendo de diferentes tamaños, se comportan como partículas discretas y aisladas (Rojas, 2000).

La sedimentación es un proceso muy importante ya que las partículas que se encuentran en el agua pueden ser perjudiciales en los sistemas o procesos de

tratamiento ya que elevadas turbiedades inhiben los procesos biológicos y se depositan en el medio filtrante causando elevadas pérdidas de carga y deterioro de la calidad del agua efluente de los filtros (CEPIS/OPS, 2005).

Tipos de Sedimentación

La sedimentación ocurre de maneras diferentes, según la naturaleza de los sólidos, su concentración y su grado de floculación (Rojas, 2000).

En el agua puede contener partículas llamadas discretas, las cuales no cambian su tamaño, forma o peso cuando se sedimentan (sedimentación tipo 1), y partículas floculentas y precipitantes en las cuales la densidad y el volumen cambia a medida que ellas se adhieren unas con otras mediante mecanismos de floculación, precipitación, arrastre o barrido (sedimentación tipo 2). La existencia de diferentes tipos de partículas en concentraciones distintas hace necesario considerar tipos desiguales de sedimentación, de acuerdo con la clase de concentración de partículas (Rojas, 2000).

La sedimentación simple es un proceso primario que se produce antes de tratamiento convencional con el finalidad de reducir la carga de sólidos sedimentables antes de la coagulación; en esos casos se la conoce como Sedimentación Tipo I (Rojas, 2000).

La sedimentación luego de la incorporación de agentes coagulantes y de la floculación es utilizada para remover los sólidos sedimentables que han sido producidos por el tratamiento químico, como es el caso de remoción de color y turbiedad o ablandamiento con cal, es denominada Sedimentación Tipo 2 y se utiliza dentro del tratamiento convencional (Rojas, 2000).

2.8.1 Variables que afectan la sedimentación

a) Corrientes de densidad

Estas se producen dentro del tanque por efecto de las diferencias de densidad en la masa de agua y son ocasionadas por un cambio de térmico o por diferencias en la concentración de las partículas suspendidas en las distintas masas de agua (CEPIS/OPS, 2005).

b) Corrientes debidas al viento

El viento puede producir corrientes de suficiente intensidad como para realizar cambios en la dirección del flujo de agua (CEPIS/OPS, 2005).

c) Corrientes cinéticas

Pueden ser debido a diversos factores como: un mal diseño de la zona de entrada o de salida (lo que produce velocidad de flujo excesiva, zonas muertas, turbulencias) o por obstrucciones en la zona de sedimentación (CEPIS/OPS, 2005).

En este proyecto de tesis se trabajará con la sedimentación de partículas discretas, por lo que se realizará el proceso de diseño y dimensionamiento de un sedimentador primario (Tipo I).

2.8.2 Sedimentación Tipo I (Pre sedimentador)

Como se explicó previamente, la sedimentación tipo 1 se refiere a la sedimentación de partículas discretas, de aquellas partículas que no cambian su forma, tamaño o peso a medida que se sedimentan; en otras palabras, es el tipo de sedimentación libre, no interferida, función solamente de las propiedades del fluido y de la partícula (Rojas, 2000).

Cuando se coloca una partícula discreta en un fluido en reposo, la partícula se mueve verticalmente debido a la gravedad, si su densidad difiere de la del fluido. Las fuerzas verticales que actuarán sobre una partícula discreta en el agua serán: una fuerza vertical hacia abajo igual al peso de la partícula en el agua, W , y una fuerza vertical hacia arriba, F o fuerza de arrastre debida a la fricción (Rojas, 2000).

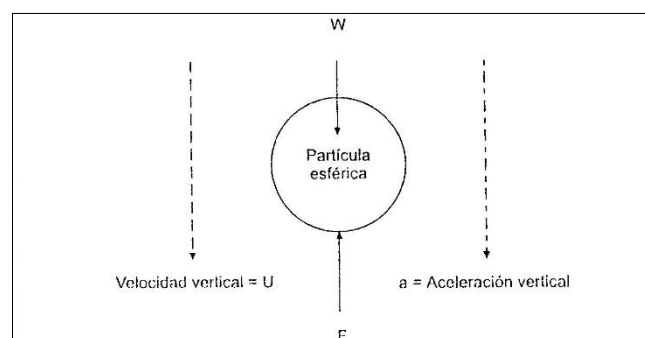


Ilustración 4. Sedimentación d una partícula discreta en reposo

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

El peso de la partícula discreta en el agua es igual a:

$$W = V(\rho_s - \rho_w)g \quad (1)$$

Donde:

W = Peso de la partícula en el agua, N.

V = Volumen de la partícula, m³.

ρ_s = Densidad de la partícula, kg/m³.

ρ_w = Densidad del agua, kg/m³.

g = Aceleración de la gravedad, 9,8 m/s².

La fuerza vertical de arrastre o fricción s función de la rugosidad, de la forma, tamaño y velocidad vertical de la partícula, así como de la densidad y viscosidad del agua.

Empíricamente se ha encontrado que para partículas discretas:

$$F = \frac{CA_n\rho_w U^2}{2} \quad (1.1)$$

Donde:

F = Fuerza de arrastre vertical, N.

C = Coeficiente de arrastre de Newton, adimensional.

A_n = Área de la sección transversal de la partícula normal a la dirección de asentamiento, m².

U = Velocidad de asentamiento, m/s.

ρ_w = Densidad del agua, Kg/m³.

El valor del coeficiente de arrastre, C, es función del número de Reynolds:

$$N_{RE} = \frac{DU}{\nu} \quad (1.2)$$

Donde:

D = Diámetro de la partícula, m.

U = Velocidad de asentamiento, m/s.

ν = Viscosidad cinemática, m²/s.

Para partículas esféricas y $N_{RE} < 10000$, Fair y Geyer han encontrado que:

$$C = \frac{24}{N_{RE}} + \frac{3}{(N_{RE})^{1/2}} + 0,34 \quad (1.3)$$

Inicialmente la partícula se acelerará hasta que la fuerza de fricción o de arrastre del fluido se haga igual a la fuerza impulsora de asentamiento.

Cuando las fuerzas verticales están en equilibrio, de acuerdo con la segunda ley de Newton, la aceleración se hace cero y la velocidad se vuelve constante.

Por lo tanto, para partículas esféricas:

$$V(\rho_s - \rho_w)g = \frac{CA_n \rho_w U^2}{2}$$

$$U^2 = \frac{2V(\rho_s - \rho_w)g}{CA_n \rho_w} = \frac{2Vg}{CA_n} (S_s - 1) = \frac{2g}{C} (S_s - 1) \left(\frac{\pi D^3 / 6}{\pi D^2 / 4} \right)$$

$$U = \sqrt{\frac{4g(S_s - 1)D}{3C}} \quad (1.4)$$

Donde:

S_s = Densidad relativa de la partícula.

En la zona de asentamiento viscoso, intervalo de Stokes, $N_{RE} < 0,5$, la relación entre el número de Reynolds y el coeficiente de arrastre se puede tomar igual a:

$$C = \frac{24}{N_{RE}} = \frac{24\nu}{DU} \quad (1.5)$$

Sustituyendo en la ecuación 1.4 se tiene:

$$U = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{gDU}{24\nu} (S_s - 1)D} = \sqrt{\frac{gD^2(S_s - 1)U}{18\nu}}$$

$$U = \frac{gD^2(S_s - 1)}{18\nu} \quad (1.6)$$

La ecuación anterior se la conoce como ley de Stokes y ha sido comprobada experimentalmente.

En el intervalo de Newton, $1.000 < N_{RE} < 100.000$, el valor de C es aproximadamente constante e igual a 0,4; por lo tanto,

$$U = \sqrt{\frac{10g(S_s - 1)D}{3}} \quad (1.7)$$

Vale la pena señalar que en la discusión anterior se supone que $W = F$, lo cual implica la satisfacción de las siguientes condiciones:

- Relación V/A_n constante; corresponde a partículas discretas esféricas.
- Ausencia de viento y corrientes de densidad o térmicas.
- Ausencia de cortocircuitos.
- C constante y por consiguiente viscosidad y temperatura constantes.

Obviamente, en la práctica no es posible satisfacer todas estas condiciones simultáneamente.

2.8.3 Tanque de sedimentación ideal – Sedimentación Tipo 1 (Pre sedimentador)

Para propósitos teóricos se divide el tanque de sedimentación en 4 zonas: zona de entrada, zona de salida, zona de lodos, zona de asentamiento, como se indica en la ilustración 5.

La zona de entrada.- tiene la función suministrar una transición suave entre el flujo afluyente y el flujo uniforme permanente deseado en la zona de sedimentación. En un tanque ideal de flujo horizontal, convencional, distribuye uniformemente el caudal afluyente sobre toda la sección transversal del tanque para que el flujo siga recorridos horizontales a través de la zona de asentamiento (Rojas, 2000).

La zona de salida.- provee una transición suave entre la zona de sedimentación y el flujo de salida (Rojas, 2000).

La zona de lodos.- tiene la función de captar el material sedimentado e impedir que interfiera con el asentamiento de partículas en la zona de sedimentación toda partícula que alcanza esta zona es removida efectiva y realmente de la suspensión (Rojas, 2000).

La zona de sedimentación.- suministra el volumen de tanque necesario para el asentamiento libre de interferencia proveniente de las otras tres zonas (Rojas, 2000).

Idealmente todas las zonas deben realizar sus procesos de manera no interferida, para lograr la mejor eficiencia del tanque de sedimentación (Rojas, 2000).

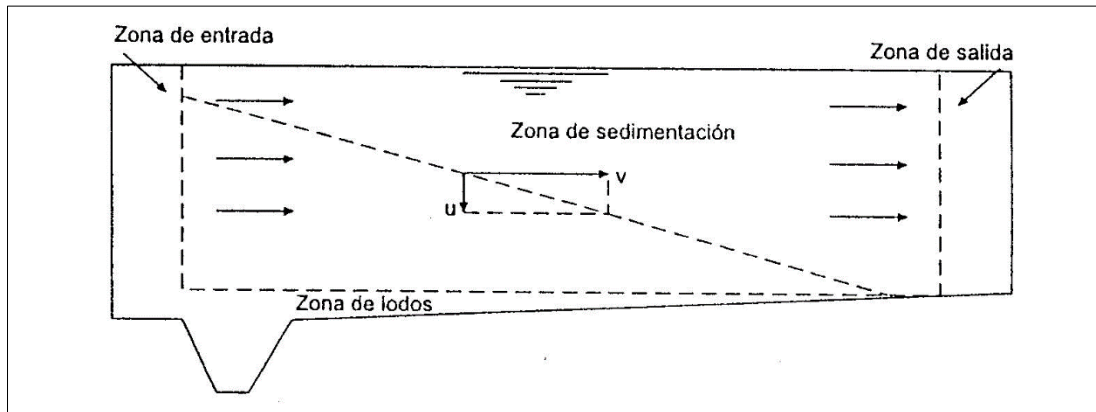


Ilustración 5. Zonas hipotéticas en un tanque de sedimentación rectangular Tipo I (Pre sedimentador)

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

Hazen (1904) y Camp (1946), suponiendo sedimentación de partículas discretas en un tanque ideal de sedimentación, desarrollaran algunos conceptos fundamentales de la sedimentación. En dicho tanque, las trayectorias de todas las partículas discretas son rectas y todas las partículas de igual velocidad de asentamiento se moverán en trayectorias paralelas como se indica en la ilustración 6 (Rojas, 2000).

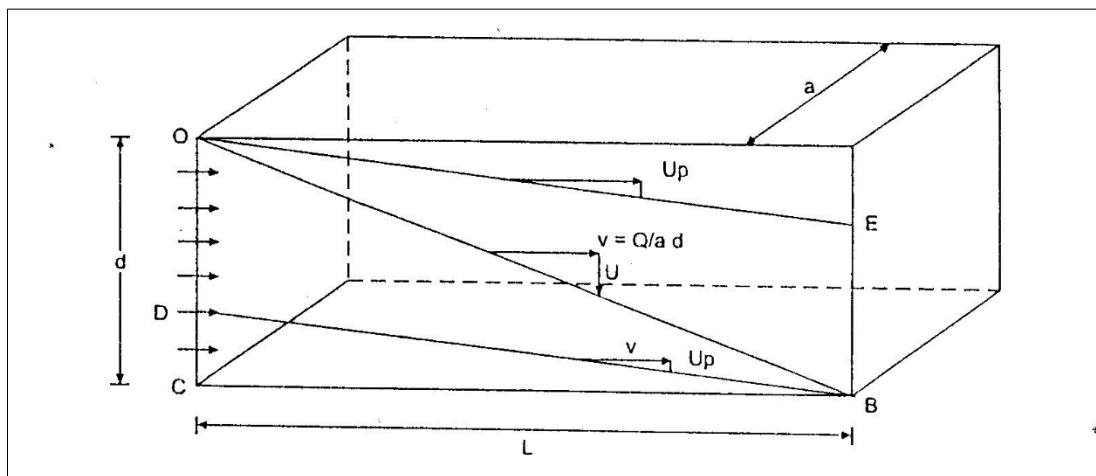


Ilustración 6. Sedimentación de partículas discretas de Tanque Sedimentador Tipo I
(Presedimentador)

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

Una partícula con velocidad de asentamiento U y transportada horizontalmente con velocidad v , seguirá una trayectoria rectilínea inclinada como resultado de la suma del vector de velocidad de flujo y del vector de velocidad de asentamiento, indicada por la recta OB (Rojas, 2000).

Por triángulos semejantes, como se deduce de la ilustración 6.

$$\frac{U}{v} = \frac{d}{L}$$

Por lo tanto, en función del caudal, Q , y del área superficial, A ,

$$U = \frac{vd}{L} = \frac{Qd}{adL} = \frac{Q}{aL}$$

$$U = \frac{Q}{A} = \text{carga superficial (1.8)}$$

La relación Q/A , carga superficial, tiene las dimensiones de velocidad, generalmente m/d , e indica que, teóricamente, la sedimentación es función del área superficial del tanque e independiente de la profundidad (Rojas, 2000).

Todas las partículas discretas con velocidad de asentamiento igual o mayor que U serán completamente removidas, es decir que el 100% de remoción ocurriría cuando todas las partículas en la suspensión tuviesen velocidades de asentamiento por lo menos iguales a U (Rojas, 2000).

Por el contrario, si consideramos una partícula con velocidad de asentamiento U_p menor que U_o solamente una fracción de ellas será removida. En efecto, como se ve en la ilustración 6, solamente las partículas con velocidad $U_p < U_o$ que alcancen el tanque dentro de la altura DC serán removidas (Rojas, 2000).

Ahora bien, si el área del triángulo con catetos OC y L representa el 100% de remoción de partículas con velocidad de asentamiento U_p , será:

$$R = \frac{DC}{OC} = \frac{U_p}{U_0} = \frac{AU_p}{Q} = \frac{aL U_p}{Q} \quad (1.9)$$

La ecuación 1.9 fue descubierta por Hazen en 1904 y demuestra que para cualquier caudal Q, la remoción de material suspendido es función del área superficial del tanque de sedimentación e independiente de la profundidad (Rojas, 2000).

En otras palabras, que la remoción y, por consiguiente, el diseño de sedimentadores depende solo de la carga superficial (Rojas, 2000).

Según Romero (2000), la conclusión anterior se llega también si se formula la tasa máxima a la cual puede clarificarse un líquido, mediante la ilustración 7 (Rojas, 2000).

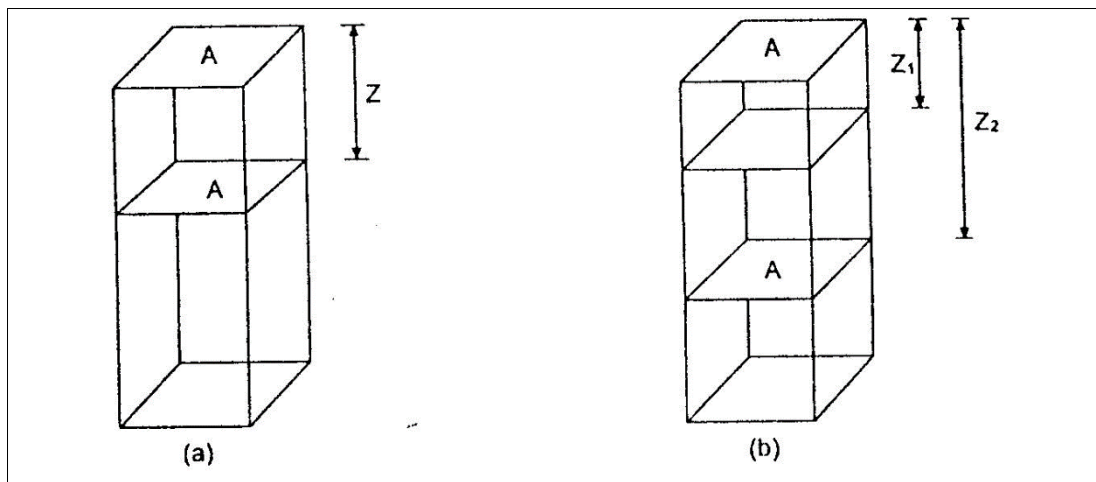


Ilustración 7. Volúmenes rectangulares de una suspensión de partículas no floculentas en sedimentación bajo condiciones tranquilas.

- (a) Partículas con velocidades uniformes
- (b) Partículas con velocidades de asentamiento

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

En la ilustración 7 una suspensión diluida de partículas discretas ocupa un volumen rectangular. Bajo condiciones tranquilas, las partículas se sedimentan con una velocidad U y el líquido, a cualquier profundidad z, se clarificara tan pronto como aquellas partículas en el nivel superior pasen a través del nivel z. La tasa de clarificación se puede calcular así (Rojas, 2000).

$$Q = \frac{z}{t} A = UA \quad (1.10)$$

Donde:

Q = Tasa volumétrica de clarificación, m³/s

z = Distancia a través de la cual las partículas se sedimentan en el tiempo t, m.

t = Tiempo de sedimentación, s.

A = Área superficial perpendicular a la dirección de asentamiento, m².

De nuevo la ecuación 1.10 hace evidente que la capacidad de tratamiento en un tanque de asentamiento en el cual se presente sedimentación tipo 1 es teóricamente, independiente de la profundidad del tanque y solamente función del área superficial del tanque y de la velocidad de asentamiento de las partículas (Rojas, 2000).

Observando la ilustración 7 (b) y aplicando la ecuación 1.10 se tiene que:

$$Q_1 = U_1 A$$

$$Q_1 = U_1 A$$

La fracción en peso de partículas removidas con velocidad de asentamiento menor, U₁, será:

$$X_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2} \quad (1.11)$$

Según Camp (1946), para cualquier tasa de clarificación Q, la remoción total de partículas discretas de una suspensión diluida de partículas discretas, con velocidades de asentamiento diferentes, se puede predecir con un análisis de sedimentación realizado en columnas de sedimentación semejantes a la de la ilustración 8 (Rojas, 2000).

En los ensayos de columna de sedimentación, la suspensión se coloca en la columna y se deja asentar bajo condiciones tranquilas. A intervalos diferentes de tiempo, se extraen muestras de una profundidad determinada y se cuantifica la concentración de partículas la concentración de partículas en cada muestra. Cada muestra estará libre de partículas con velocidades de asentamiento lo suficientemente grandes como para permitirles que recorran durante el tiempo de sedimentación una distancia mayor que la profundidad del muestreo. La velocidad máxima de sedimentación de las partículas, en cada muestra, será aproximadamente: (Rojas, 2000).

$$U_n = \frac{Z_n}{t} \quad (1.12)$$

Donde:

Z_n = Profundidad de muestreo, m.

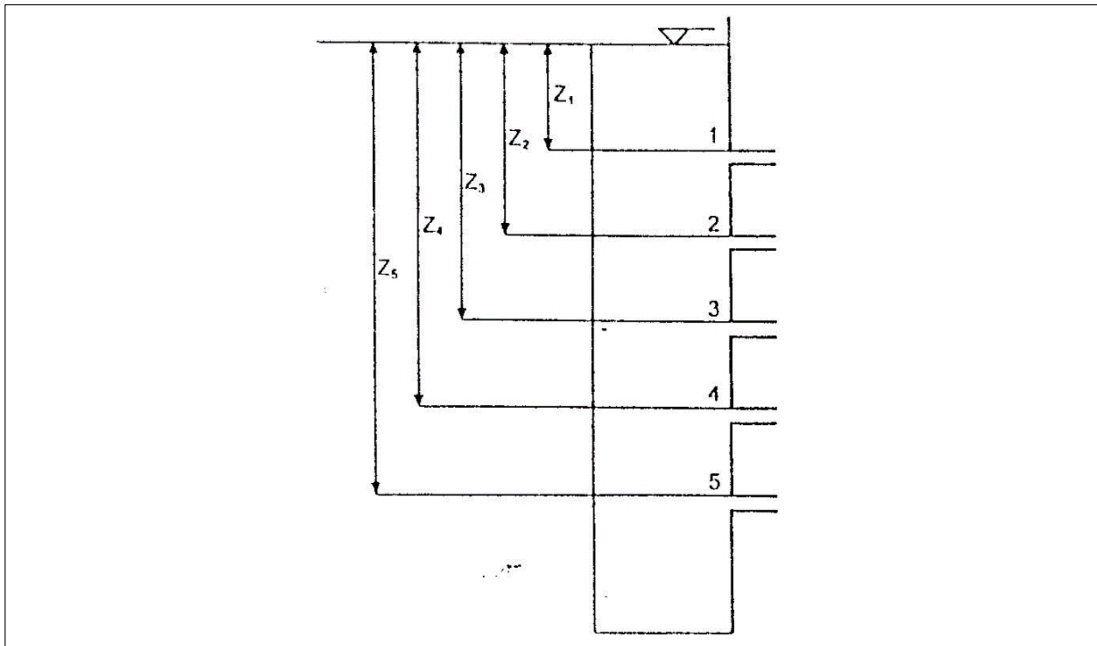


Ilustración 8. Columna para análisis de sedimentación

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

Debido a que el laboratorio de hidráulica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil no consta con el equipo necesario para poder calcular la velocidad de sedimentación en volúmenes rectangulares de una suspensión de partículas no floculentas en sedimentación bajo condiciones tranquilas, se optó a usar la prueba de cono Imhof que asemeja los resultados.

Con los resultados experimentales se puede elaborar la curva de velocidad de asentamiento de la suspensión y determinar la remoción total de partículas.

La curva característica que se obtiene es como la de la figura ilustración 9.

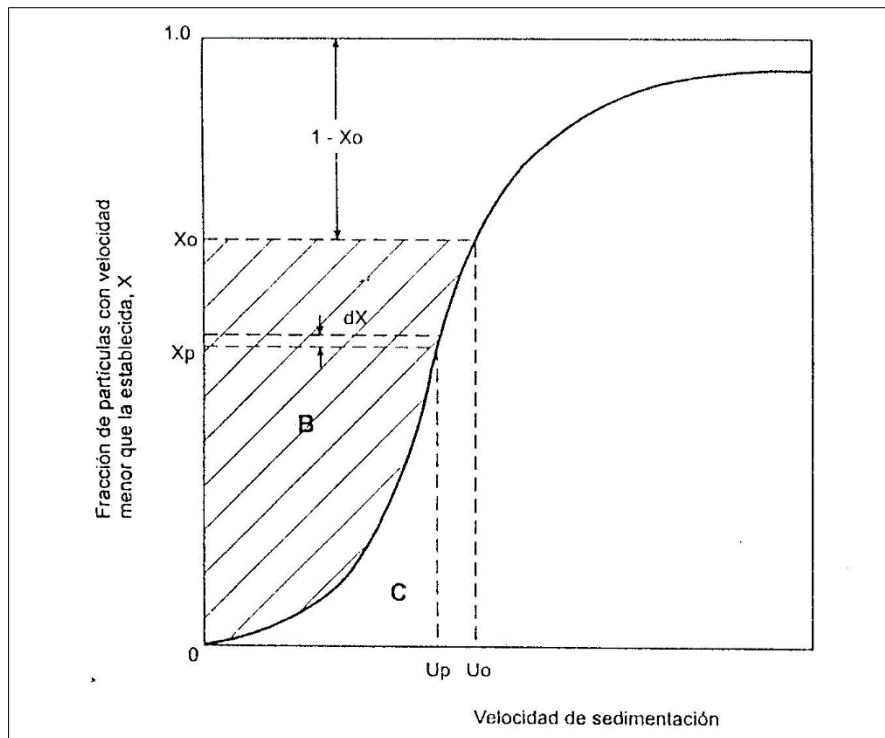


Ilustración 9. Curva para análisis de la velocidad de asentamiento de partículas discretas

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

Para una tasa de clarificación determinada, Q_o , se tiene:

$$Q_n = U_o A \quad (1.13)$$

Todas las partículas con velocidad de asentamiento $U_p \geq U_o$ serán completamente removidas. Tales partículas constituyen $1 - X_o$ del total de partículas originalmente existentes en la suspensión clarificada, (Rojas, 2000).

La fracción en peso de partículas removidas con velocidad $U_p \leq U_o$ será, según la ecuación 5.12, o según la ecuación 5.10 de Hazen, igual a:

$$\int_0^{x_o} \frac{U_p}{U_o} dx$$

Por lo tanto, la remoción total en líquido clarificado será:

$$X_T = (1 - X_o) + \frac{1}{U_o} \int_0^{x_o} U_p dx \quad (1.14)$$

Donde:

X_T = Fracción total removida.

$1 - X_o$ = Fracción de partículas con velocidad U_p mayor que U_o .

$\frac{1}{U_o} \int_0^{X_o} U_p dx$ = Fracción de partículas removidas con velocidad U_p menor que U_o .

El último término de la ecuación 1.14 se cuantifica mediante la integración grafica de la curva para análisis de sedimentación de partículas discretas entre los limites 0 y X_o , es decir en el área sombreada de la figura 5.7.

En término de las áreas B y C de la ilustración 9, lo anterior es equivalente a:

$$X_T = (1 - X_o) + \frac{BX_o}{B + C} = (1 - X_o) + \frac{B}{U_o}$$

La remoción es función de U_o , o sea de la carga superficial única variable de control por parte del diseñador. Para un caudal específico, a mayor área superficial, menor carga superficial, mayor eficiencia de remoción. Este hecho conduce al diseño de los sedimentadores de tubos (Rojas, 2000).

2.8.4 Información Básica Para El Diseño del Tanque Sedimentador Tipo I (Pre Tratamiento)

Previo al diseño del Tanque Sedimentador Tipo I, se requiere realizar los siguientes estudios:

a) Estudio de fuentes: debe incluir aforos y regímenes de caudal de al menos los últimos tres años (CEPIS/OPS, 2005).

b) Zona de ubicación: levantamiento topográfico a detalle, análisis de riesgo y vulnerabilidad de ella a desastres naturales (CEPIS/OPS, 2005).

c) Análisis de suelos y geodinámica: Se debe realizar un estudio de suelo para hacer así poder caracterizar su calidad y poder escoger la alternativa para adecuada para la cimentación de la estructura de tanque pre sedimentador.

d) Análisis de la calidad del agua: Se debe establecer las características físicas, químicas y biológicas del agua. Dependiendo de la calidad, se elegirán los procesos de pre-tratamiento y acondicionamiento previo, (CEPIS/OPS, 2005).

Adicionalmente se requerirá para el diseño del tanque sedimentador (Tipo I):

a) Caudal de Diseño

Las unidades en una planta de tratamiento serán diseñadas para el caudal máximo diario (CEPIS/OPS, 2005).

Criterios de Diseño y Dimensionamiento del Tanque Sedimentador Tipo I (Pre Tratamiento)

Según la GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES (2005), se muestran los criterios de diseño y dimensionamiento a continuación:

- El periodo de diseño, teniendo en cuenta criterios económicos y técnicos es de 8 a 16 años.
- El número de unidades mínimas en paralelo es de dos (2) para efectos de mantenimiento.
- El periodo de operación es de 24 horas por día.
- El tiempo de retención será entre 2 - 6 horas.
- La carga superficial será entre los valores de 2 - 10 m³/m²/día.
- La profundidad del sedimentador será entre 1,5 – 2,5 m.
- La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 - 6.
- La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 - 20.
- El fondo de la unidad debe tener una pendiente entre 5 a 10% para facilitar el deslizamiento del sedimento.
- La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación.
- Se debe aboquillar los orificios en un ángulo de 15° en el sentido del flujo.
- La descarga de lodos se debe ubicar en el primer tercio de la unidad, pues el 80% del volumen de los lodos se deposita en esa zona.

- Se debe efectuar experimentalmente la determinación del volumen máximo que se va a producir.
- El caudal por metro lineal de recolección en la zona de salida debe ser igual o inferior a 3 l/s.
- Se debe guardar la relación de las velocidades de flujo y las dimensiones de largo y altura.

$$\frac{L}{H} = \frac{V_H}{V_S}$$

- La sección de la compuerta de la evacuación de lodos (A2) debe mantener la relación. Donde t es el tiempo de vaciado.

$$A_2 = \frac{A_S * \sqrt{H}}{4850 * t}$$

- La ubicación de la pantalla difusora debe ser entre 0,7 a 1,00 m de distancia de la pared de entrada.

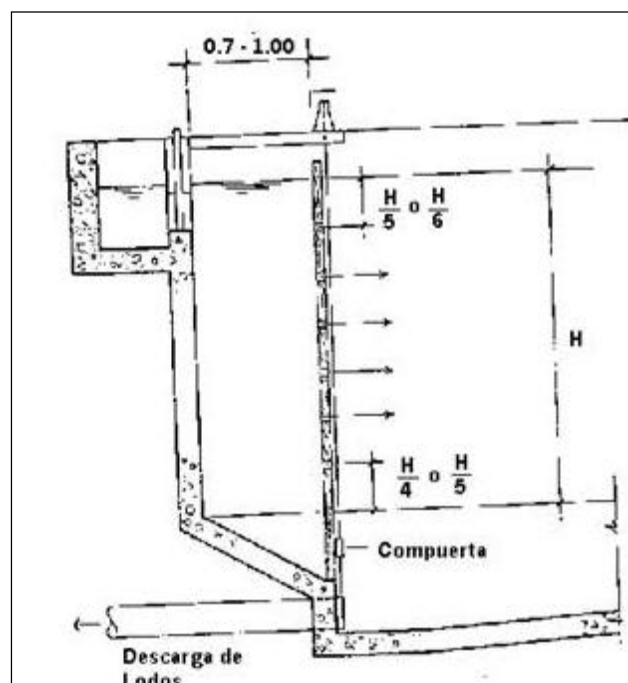


Ilustración 10. Ubicación de la pantalla difusora desde la pared de entrada

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

Los orificios más altos de la pared difusora deben estar a $1/5$ o $1/6$ de la altura (H) a partir de la superficie del agua y los más bajos entre $1/4$ o $1/5$ de la altura (H) a partir de la superficie del fondo.

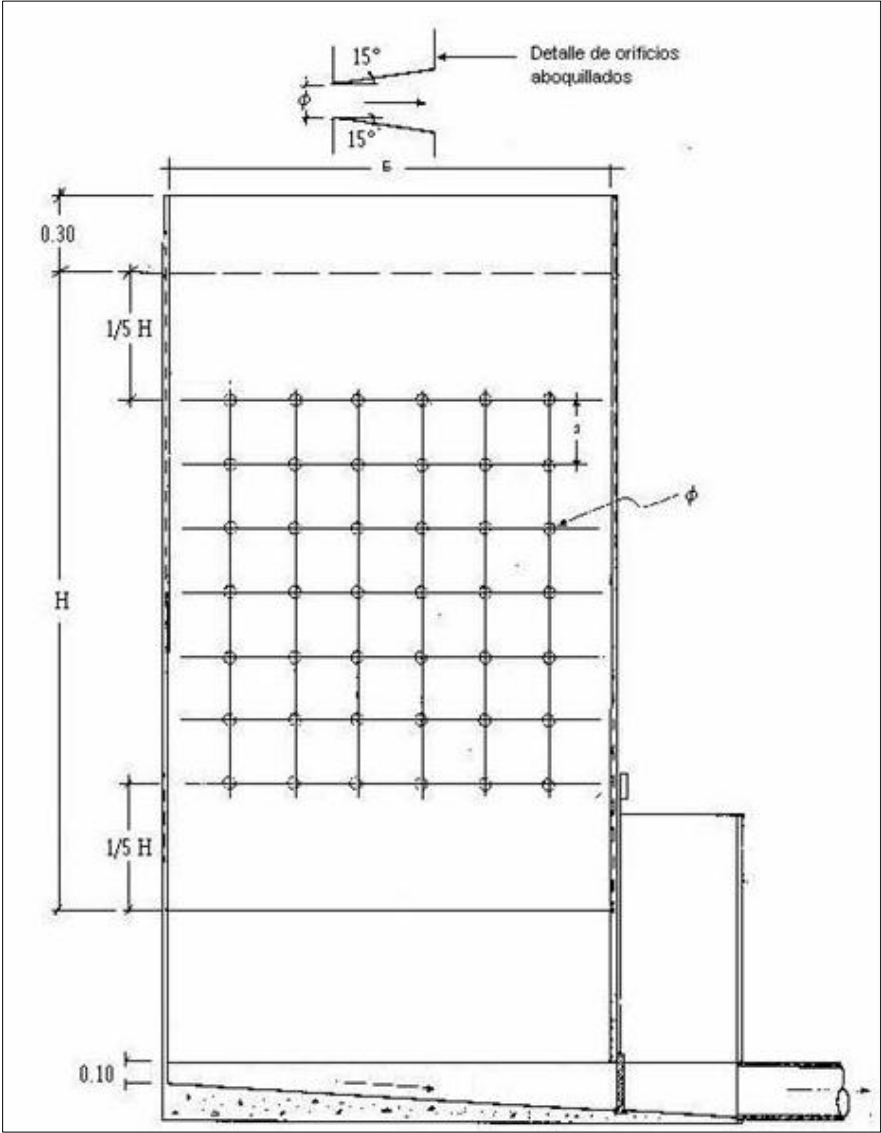


Ilustración 11. Ubicación de los orificios en la pantalla difusora

Fuente: Tomada de Purificación del Agua (Jairo Alberto Romero Rojas ,2000).

2.8.5 Dimensionamiento

Determinar el área superficial de la unidad (A_s), que es el área superficial de la zona de sedimentación, de acuerdo a la relación:

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

Siendo:

A_s = Velocidad de sedimentación (m/seg)

Q = Caudal de diseño (m^3/s)

Determinar las dimensiones de largo L (m), ancho B (m) y altura h (m) de manera tal que se cumplan las relaciones o criterios mencionados anteriormente.

Considerando el espaciamiento entre la entrada y la cortina o pared de distribución de flujo.

Determinar la velocidad horizontal V_H (m/seg) de la unidad mediante la ecuación.

El cual debe cumplir con las relaciones mencionadas anteriormente.

$$V_H = \frac{100 * Q}{B * H}$$

Determinar el tiempo de retención T_0 (horas), mediante la relación:

$$T_0 = \frac{A_s * H}{3600 * Q}$$

Determinar el número de orificios, cumpliendo con los criterios de diseño.

$$A_0 = \frac{Q}{V_0}$$

Siendo:

V_0 = Velocidad en los orificios (m/s)

Q = Caudal de diseño (m^3/s)

A_0 = Área total de orificios (m^2)

$$n = \frac{A_0}{a_0}$$

Siendo:

a_o = Área de cada orificio (m^2)

n = número de orificios

2.8.6 Análisis De Riesgo Y Vulnerabilidad De Las Instalaciones

Las instalaciones de tratamiento deben ser diseñadas de acuerdo a un análisis de riesgo y vulnerabilidad ante siniestros y condiciones del entorno local con el fin de proteger la infraestructura y el servicio de agua a la población (CEPIS/OPS, 2005).

a) Análisis de riesgo

Los diseños deben contemplar los riesgos que conllevan las amenazas como: fenómenos naturales y otros predominantes en la zona: lluvias, sequías, sismos, etc., principalmente en cuanto a su lugar de ubicación (CEPIS/OPS, 2005).

b) Vulnerabilidad

De las estructuras e instalaciones a:

- Crecidas e inundaciones.
- Períodos de sequía.
- Contaminación de la fuente.
- Intensidad y magnitud de sismos.
- Erosión.

3. CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto de tesis, se procederá con la siguiente metodología de trabajo:

Trabajo de campo

- Identificación de los sitios de muestreo.
- Toma de Muestras de agua en dos sitios estratégicos del río Daule y análisis in situ.

Trabajo de Escritorio

- Análisis en laboratorio.
- Obtención de datos y resultados de análisis.
- Comparación de resultados con la teoría clásica.
- Procesamiento de la información.
- Diseño de un modelo tanque sedimentador.

3.1 TRABAJO DE CAMPO

Se procedió a identificar los sitios de muestreo en el río Daule, escogiéndose para el muestreo dos puntos estratégicos: Nobol y el sitio denominado Puente Lucía, como se muestran en las ilustraciones 11 y 12.

Las muestras de agua fueron tomadas según la siguiente descripción:

Muestra No.1

Descripción: Se tomaron 2 muestras de agua, una muestra simple (muestra 1a) y una muestra compuesta (muestra 1b).

Ubicación: Río Daule, en el sitio denominado Puente Lucia.

Coordenadas:

UTM (Este, Norte, Huso, Hemisferio)

613081.9727271614 m, 9780851.956494216 m, 17, Sur.



Ilustración 12. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra 1 (Puente Lucia)

Fecha de muestreo: 10 de enero de 2017.

Hora de muestreo (muestra simple): 13:52:00 pm.

Hora de muestreo (muestra compuesta): 13:19:00 pm.

Tipo de muestra: Una muestra Simple y una muestra Compuesta.

Clima: Soleado.

Muestra No.2

Muestra.

Descripción: Se tomaron 2 muestras de agua, una muestra simple (muestra 2a) y una muestra compuesta (muestra 2b).

Ubicación: Río Daule, Nobol.

Coordenadas:

UTM (Este, Norte, Huso, Hemisferio)

610287.8433612109 m, 9788015.622889971 m, 17, Sur.



Ilustración 13. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra 2 (Nobol)

Fecha de muestreo: 10 de enero de 2017.

Hora de muestreo (muestra simple): 12:22:00 pm.

Hora de muestreo (muestra compuesta): 12:39:00 pm.

Tipo de muestra: Una muestra Simple y una muestra Compuesta.

Clima: Nublado.

3.1.1 Logística de campo

A) Recurso humano:

- Un investigador conocedor de tema, especialista en toma de muestras y pruebas de laboratorio. (Biólogo Edison Alvarado).

B) Recurso material:

- Un vehículo particular.
- Herramientas de emergencia.

3.1.2 Equipos y materiales usados en el muestreo

- Botella Muestreadora Van Dorn (Construido por el estudiante).



Ilustración 14. Botella muestreadora Van Dorn

- Caneca esterilizada.
- Disco de pesa de 2.5 Kg.

- Cuerda de 15 m de Longitud.

3.2 TRABAJO DE ESCRITORIO

3.2.1 Parámetros para el análisis de laboratorio

Parámetros físicos-químicos

- Conductividad.
- DBO.
- OD.
- pH.
- Solidos Totales Disueltos.
- Solidos Volátiles.
- Solidos Fijos.
- Solidos Suspendidos.
- Temperatura.
- Turbidez.

3.2.2 Análisis de laboratorio y resultados

Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Los parámetros analizados se interpretaron con la norma NTE INEN 1108 correspondiente a los requisitos establecidos para agua de consumo humano. Además se realiza una interpretación comparativa con análisis de laboratorio luego de aplicar el proceso de sedimentación, para establecer el porcentaje de remoción de SST, DBO y Turbidez de las muestras.

Muestra 1a (Simple)

a) Datos Generales:

Código de muestra: Prio-12-001.

Ubicación: Rio Daule.

Lugar: Puente Lucia.

Profundidad: 0,5 m.

Tipo de marea: marea baja.

Fecha muestreo: 14/12/16.

Hora de muestreo: 1:52:00 pm.

Tipo de muestra: Simple.

Responsable de muestreo: Biólogo Edison Alvarado.

b) Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado	NTE INEN 1108 Límite Máximo Permisible	Cumple
Temperatura	oC.	29,60	-	
pH		7,20	6,5 -8,5	Si
Conductividad	uS/cm2	109,20	-	
Turbiedad	NTU	26,50	5	No
Sólidos Suspendidos	mg/l	67,00	-	
Sólidos Sedimentables	mg/l	0,35	-	
Sólidos Totales	ml/l	169,00	-	
Sólidos Totales Disueltos (Lectura)	mg/l	46,90	1000	Si
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	94,29	1000	Si
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	21,00	-	
Sólidos Totales Fijos	mg/l	46,00	-	
Salinidad	%	0,05	-	
DBO5	mg O2/l	4,33	-	
Oxígeno Disuelto	mg O.D./l	8,79	-	

Tabla 8. Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 1a

c) Técnica de muestreo y análisis utilizada

Ver anexos.

Muestra 1b

a) Datos Generales:

Código de muestra: Prio-01-003.

Ubicación: Rio Daule.

Lugar: Puente Lucia.

Profundidad: 1 a 8 m.

Tipo de marea: marea baja.

Fecha muestreo: 10/01/17.

Hora de muestreo: 1:19:00 pm.

Tipo de muestra: Compuesta.

Responsable de muestreo: Biólogo Edison Alvarado.

b) Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado	NTE INEN 1108 Límite Máximo Permissible	Cumple
Temperatura	oC.	28,1	-	
pH		7,12	6,5 -8,5	Si
Conductividad	uS/cm2	146,9	-	
Turbiedad	NTU	57,1	5	No
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,375	-	
Sólidos Totales (Inicial)	mg/l	210	-	
Sólidos Totales (Final)	mg/l	170	-	
Sólidos Totales Disueltos (Lectura)	mg/l	65,3	1000	Si
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	90	1000	Si
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	21,5	-	
Sólidos Totales Fijos	mg/l	63	-	
Salinidad	‰	0,06	-	
DBO5 (Inicial)	mg O2/l	7,88	-	
DBO5 (Final)	mg O2/l	6,02	-	
Oxígeno Disuelto	mg O.D./l	7,7	-	

Tabla 9. Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 1b

c) Técnica de muestreo y análisis utilizada

Ver anexos.

Muestra 2a

a) Datos Generales:

Código de muestra: Prio-01-001.

Ubicación: Rio Daule.

Lugar: Nobol.

Profundidad: 0,5 m.

Tipo de marea: marea baja.

Fecha muestreo: 10/01/17.

Hora de muestreo: 12:22:00 pm.

Tipo de muestra: Simple.

Responsable de muestreo: Biólogo Edison Alvarado.

b) Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado	NTE INEN 1108 Límite Máximo Permisible	Cumple
Temperatura	oC.	28	-	
pH		6,87	6,5 -8,5	Si
Conductividad	uS/cm ²	121	-	
Turbiedad	NTU	37,5	5	No
Sólidos Suspendidos	mg/l	47	-	
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,3	-	
Sólidos Totales	mg/l	171	-	
Sólidos Totales Disueltos (Lectura)	mg/l	150	1000	Si
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	128	1000	Si
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	13	-	
Sólidos Totales Fijos	mg/l	34	-	
Salinidad	‰	0,05	-	
DBO ₅	mg O ₂ /l	2,12	-	
Oxígeno Disuelto	mg O.D./l	6,5	-	

Tabla 10. Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 2a

c) Técnica de muestreo y análisis utilizada

Ver anexos.

Muestra 2b

a) Datos Generales:

Código de muestra: Prio-01-002.

Ubicación: Rio Daule.

Lugar: Nobol.

Profundidad: 1 a 8 m.

Tipo de marea: marea baja.

Fecha muestreo: 10/01/17.

Hora de muestreo: 12:39:00 pm.

Tipo de muestra: Compuesta.

Responsable de muestreo: Biólogo Edison Alvarado.

b) Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado	NTE INEN 1108 Límite Máximo Permissible	Cumple
Temperatura	oC.	28	-	
pH		7,06	6,5 -8,5	Si
Conductividad	uS/cm2	123,20	-	
Turbiedad	NTU	50,30	5	No
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,4	-	
Sólidos Totales (Inicial)	mg/l	211	-	
Sólidos Totales (Final)	mg/l	161	-	
Sólidos Totales Disueltos (Lectura)	mg/l	54,80	1000	Si
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	80,00	1000	Si
Sólidos Totales Volátiles	mg/l	22,50	-	
Sólidos Totales Fijos	mg/l	98,00	-	
Salinidad	‰	0,05	-	
DBO5 (Inicial)	mg O2/l	4,33	-	
DBO5 (Final)	mg O2/l	3,39	-	
Oxígeno Disuelto	mg O.D./l	6,96	-	

Tabla 11. Resultados de parámetros analizados en laboratorio en muestra 2b

c) Técnica de muestreo y análisis utilizada

Ver anexos.

3.2.3 Análisis de resultados

De los análisis realizados, se ha podido observar que al momento de los muestreos, la temperatura fue de aproximadamente 28 °C, sin embargo, al momento de los análisis, la temperatura promedio fue de 22 °C.

De la tabla 12, se puede establecer que para las muestras simples, los valores obtenidos son inferiores a los valores que presentan las muestras compuestas, por lo tanto, de aquí en adelante solo se analizará los resultados y comparaciones de las muestras compuestas (1b y 2b), tomadas en Puente Lucia y Nobol, respectivamente.

A continuación se presenta el Cuadro Resumen para el análisis respectivo:

Cuadro Resumen					
Parámetro	Unidad	Muestras 1		Muestra 2	
		1a	1b	2a	2b
Sólidos Sedimentables	ml/l	0,35	0,375	0,3	0,4
Sólidos Totales (inicial)	mg/l	169	210	171	211
Sólidos Totales (final) luego de la sedimentación	mg/l		170		161
DBO (inicial)	mg O ₂ /l	4,33	7,88	2,12	4,33
DBO (final) luego de la sedimentación	mg O ₂ /l		6,02		3,39
Turbiedad (inicial)	NTU	26,5	57,1	37,5	50,3

Tabla 12. Cuadro resumen de parámetros analizados

Porcentaje de remoción de SST

Para obtener el porcentaje de remoción de SST aproximado que tendría nuestro modelo de Tanque Sedimentador Tipo I, se procedió a usar el Cono Imhoff en las muestras compuestas de Puente Lucia (1b) y Nobol (2b) ya que esta prueba no altera las variables que afectan la sedimentación, como son: corrientes de densidad, corrientes debidas al viento y corrientes cinéticas.



Ilustración 15. Prueba del Cono Imhoff para velocidad de sedimentación

Referente a la Muestra No 1b, (Muestra compuesta - Puente Lucia)

La cantidad de SST obtenido al inicio de la prueba es de 210 mg/l, según se muestra en la tabla 12, luego de realizado el experimento con el Cono Imhoff, se procede a tomar una muestra del agua clarificada y se realiza la prueba de SST, observándose que los SST se redujo a 170 mg/l. Con estos valores se calcula el porcentaje de remoción de SST, obteniéndose una remoción del 19.04%.

Referente a la Muestra No 2b, (Muestra compuesta - Nobol)

La cantidad de SST obtenidos en laboratorio al inicio de la prueba es de 211 mg/l, según se muestra en la tabla 12, luego de realizado el experimento con el Cono Imhoff, se procede a tomar una muestra del agua clarificada y se realiza la prueba de SST, observándose que los SST se redujo a 161 mg/l. Con estos valores se calcula el porcentaje de remoción de SST, obteniéndose una remoción del 23.69%.

De lo anterior, se concluye que el porcentaje de remoción de SST para el agua del río Daule en el tramo comprendido entre Puente Lucia y Nobol , simulando un modelo de Tanque Sedimentador Tipo I está en aproximadamente 21.36%.

3.2.4 Porcentaje de remoción de DBO

Para obtener el porcentaje de remoción probable que tendría un modelo Tanque Sedimentador Tipo I, se procedió a usar la prueba de sedimentación durante una hora, en las muestras compuestas de Puente Lucia y Nobol obteniéndose los siguientes resultados:

Referente a la Muestra No 1b, (Muestra compuesta - Puente Lucia)

La cantidad de DBO5 obtenidos en laboratorio es de 7.88 mg de O₂/l, luego de aplicar la prueba con el modelo de sedimentación durante una hora, la cantidad de DBO5 se redujo a 6.02 mg de O₂/l. Obteniendo un porcentaje de remoción de DBO5 del 23.60%.

Referente a la Muestra No 2b, (Muestra compuesta - Nobol)

La cantidad de DBO5 obtenidos en laboratorio es de 4.33 mg de O₂/l, luego de aplicar la prueba con el modelo de sedimentación durante una hora, la cantidad de DBO5 se redujo a 3.39 mg de O₂/l. Obteniendo un porcentaje de remoción de DBO5 del 21.70%.

De lo anterior, se concluye que el porcentaje de remoción de DBO para el agua del rio Daule en el tramo comprendido entre Puente Lucia y Nobol, simulando un modelo de Tanque Sedimentador Tipo I está en aproximadamente 22.65%.

Se puede concluir que un Tanque Sedimentador Tipo I al inicio del tratamiento convencional de agua potable es muy importante, dado que la remoción de SST, Turbiedad y DBO son en alrededor de un 20 al 25 por ciento, según los análisis realizados en el laboratorio.

3.2.5 Análisis de Curvas de sedimentación para el cálculo de la velocidad de sedimentación

Para obtener la curva de sedimentación se procedió a usar la prueba de Cono Imhoff con intervalos de 10 min durante 80 minutos en las muestras compuestas de Puente Lucia y Nobol, obteniéndose los siguientes resultados:

Referente a la Muestra No 1b, (Muestra compuesta -Puente Lucia)

Tiempo (min)	Muestra Compuesta Puente Lucia (cm)
0	0,000
10	0,006
20	0,008
30	0,010
40	0,012
50	0,014
60	0,015
70	0,015
80	0,015

Tabla 13. Resultados de la prueba de cono imhoff

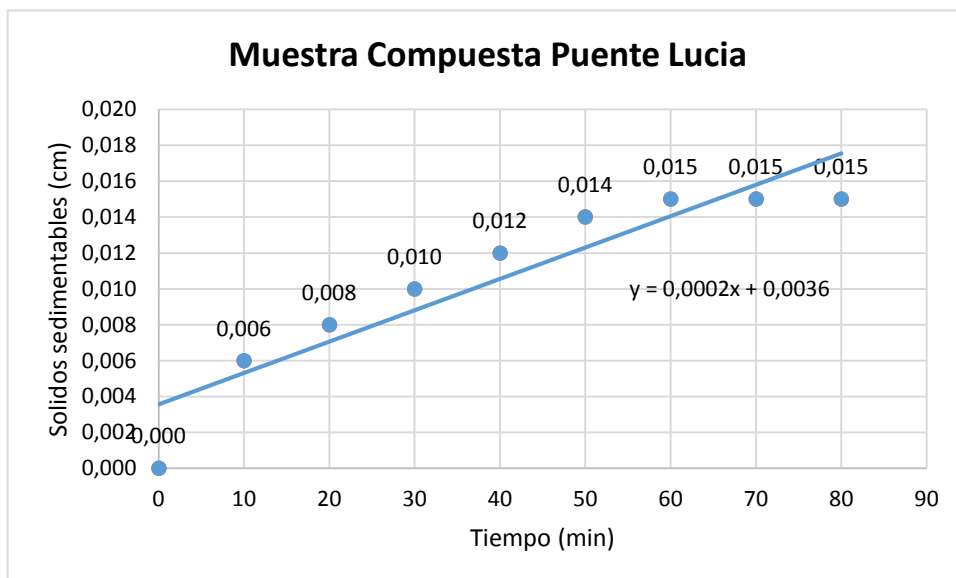


Ilustración 16. Grafica de la prueba de cono imhoff

Del gráfico se determina la ecuación de la curva, donde $y = 0,0002x + 0,0036$, conociendo la ecuación $y = mx + b$, se puede obtener la pendiente de la curva, que según el gráfico es $m = 0,0002 \text{ cm/min}$, lo que significa que la pendiente es la velocidad de sedimentación.

Referente a la Muestra No 2b, (Muestra compuesta -Nobol)

Tiempo (min)	Muestra Compuesta Nobol (cm)
0	0,000
10	0,009
20	0,010
30	0,011
40	0,012
50	0,014
60	0,018
70	0,023
80	0,026

Tabla 14. Resultados de la prueba de cono imhoff

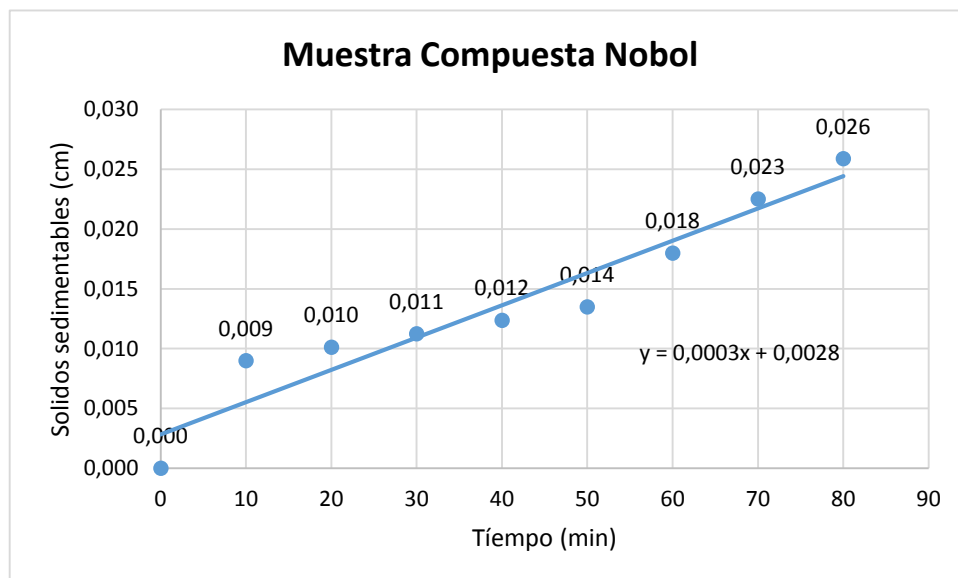


Ilustración 17. Grafica de la prueba de cono imhoff

Del gráfico se determina la ecuación de la curva, donde $y = 0,0003x + 0,0028$, conociendo la ecuación $y = mx + b$, se puede obtener la pendiente de la curva, que según el gráfico es $m = 0,0003 \text{ cm/min}$, lo que significa que la pendiente es la velocidad de sedimentación.

Para la velocidad de sedimentación se tomó un diámetro de partícula de arena de 0,2 mm, dado que según el “Estudio de Impacto Ambiental Dragado de la II Fase y Disposición de sedimentos de los alrededores del Islote El Palmar en la Provincia del Guayas”, realizado por el Gobierno Provincial del Guayas (2016), el diámetro más pequeño encontrado en el Islote El Palmar fue de 0,1 mm, la velocidad de

sedimentación promedio determinada fue de 0,00025 cm/min, este valor resulta muy pequeño en comparación con el valor de 2,58 cm/min, que es parte del criterio de diseño para el cálculo del tanque pre sedimentador Tipo I, según, (CEPIS/OPS, 2005).

En cuanto a la velocidad de sedimentación, la diferencia del valor obtenido, a través del ensayo realizado en laboratorio (0,00025 cm/min), versus el calculado mediante la Ley de Stokes (2,58 cm/min), puede ser debido a diferentes factores, entre ellos: la temperatura con la que se realizó el ensayo de sedimentación (22 °C), siendo que en sitio la temperatura fue de 28 °C; los bajos valores de turbiedad encontrados en las muestras tomadas en el río Daule, dado que se tomó en verano y el diseño debe ser con muestras tomadas en invierno cuando se tienen datos críticos de turbiedad.

Para el diseño y cálculo de la velocidad de sedimentación se utilizará la ley de Stokes, se escoge como diámetro de partícula de arena 0.002 cm y se procede a realizar el diseño del tanque pre-sedimentador tipo I utilizando los criterios de diseño señalados por el Manual (CEPIS/OPS, 2005).

3.3 DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento del tanque pre sedimentador se escogió como ejemplo la población de Nobol, los datos censales se tomaron de la página web del instituto nacional estadísticas y censos (INEC, 2010).

Población Nobol	
Datos Censales	
Año	Población (hab)
1990	10524
2001	14753
2010	19600

Tabla 15. Datos censales de la población de Nobol

Se calculó la tasa de crecimiento poblacional mediante el método geométrico, obteniéndose:

Año	Población	k Geométrico
1990	10524	
2001	14753	0,0312
2010	19600	0,0321

Tabla 16. Tasas de crecimiento poblacional

Se calculó la proyección de la población a 15 años, mediante el método geométrico, obteniendo una población de 38517 habitantes al año 2032.

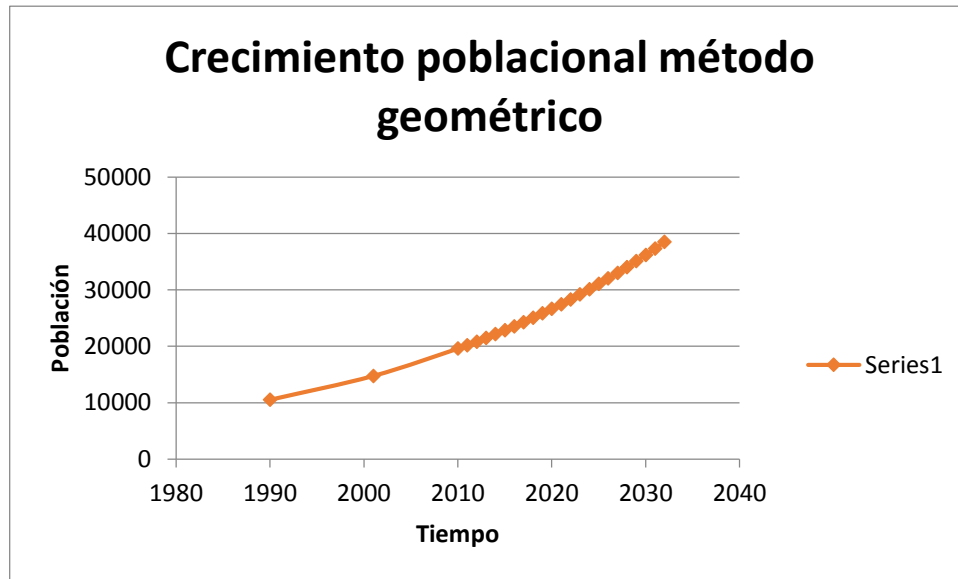


Ilustración 18. Gráfico de dispersión de la proyección de la población

Para el cálculo de los caudales medio y máximo diario se estableció una dotación de 200 lts/hab-día, obteniéndose:

$$Q_m = 89,16 \text{ lts/s}$$

$$Q_{MD} = 115,91 \text{ lts/s}$$

El caudal de diseño para la planta de tratamiento lo calculamos mediante la siguiente ecuación $Q_{MD} + 10\%$.

$$Q_d = 127,50 \text{ lts/s}$$

$$Q_d = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

Datos para proceder al dimensionamiento del Tanque Sedimentador Tipo I.

- $T = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\rho = 0,99626 \text{ g/cm}^3$
- $\rho_a = 2,65 \text{ g/cm}^3$
- $\mu = 0,008394 \text{ cm}^2/\text{s}$
- $d = 0,002 \text{ cm}$
- $g = 981 \text{ cm/s}^2$
- $Q_d = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$

Siendo:

T = temperatura

ρ = densidad del agua

ρ_a = densidad de la partícula

μ = viscosidad del agua

d = diámetro de la partícula

g = gravedad

Qd = caudal de diseño

Aplicando la ley de Stokes para calcular la velocidad de sedimentación se obtiene:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$$

$$\mathbf{V_s = 0,000429 \text{ m/s}}$$

Determinación del área superficial de la unidad (A_s).

$$A_s = \frac{Q}{V_s}$$

$$A_s = \frac{0,13}{0,000429}$$

$$\mathbf{A_s = 296,9 \text{ m}^2}$$

Se asume un ancho del sedimentador y se determina la longitud de la zona de sedimentación (CEPIS/OPS, 2005).

$$\mathbf{B_{asumido} = 10 \text{ m}}$$

$$L_2 = \frac{A_s}{B}$$

$$L_2 = \frac{296,9}{10}$$

$$\mathbf{L_2 = 29,69 \text{ m}}$$

Se asume la distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora (debe ser entre 0,7 a 1m) (CEPIS/OPS, 2005).

$$\mathbf{L_{1asumido} = 1 \text{ m}}$$

Entonces se tiene como longitud de la unidad:

$$L = L1 + L2$$

$$L = 1 + 29,69$$

$$\mathbf{L = 30,69 m}$$

Se verifica si cumple la relación de L/B de los criterios de diseño:

La relación de las dimensiones de largo y ancho (L/B) será entre los valores de 3 – 6 (CEPIS/OPS, 2005).

$$\mathbf{L/B = 3,07m (si cumple la relación)}$$

Se asume la profundidad

$$\mathbf{H_{asumido} = 3,2 m}$$

Se verifica si cumple la relación L/H de los criterios de diseño:

La relación de las dimensiones de largo y profundidad (L/H) será entre los valores de 5 – 20 (CEPIS/OPS, 2005).

$$\mathbf{L/H = 9,6 m (si cumple la relación)}$$

Se determina la velocidad horizontal VH.

$$VH = \frac{100 * Q}{B * H}$$

$$VH = \frac{100 * 0,13}{10 * 3,2}$$

$$\mathbf{VH = 0,004 cm/s}$$

Se determina el periodo de retención:

$$T_0 = \frac{As * H}{3600 * Q}$$

$$T_0 = \frac{296,9 * 3,2}{3600 * 0,13}$$

$$\mathbf{T_o = 2,02 \text{ horas}}$$

La pendiente puede variar de 5% a 10% en el fondo de la unidad se tiene como altura máxima: (CEPIS/OPS, 2005).

$$H' = H + (10\%)L2$$

$$H' = 3,2 + (10\%)29,69$$

$$\mathbf{H' = 6,17 \text{ m}}$$

Con un vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero (H_v) (CEPIS/OPS, 2005).

$$H_v = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_v = \left(\frac{0,13}{1,84 * 10} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\mathbf{H_v = 0,04 \text{ m}}$$

Para el diseño de la pantalla difusora se tiene:

Se asume una velocidad de paso entre los orificios: La velocidad en los orificios no debe ser mayor a 0,15 m/s para no crear perturbaciones dentro de la zona de sedimentación (CEPIS/OPS, 2005).

$$\mathbf{V_{oasumida} = 0,10 \text{ m/s}}$$

Se determina el área total de los orificios:

$$A_o = \frac{Q}{V_o}$$

$$A_o = \frac{0,13}{0,1}$$

$$\mathbf{A_o = 1,27 \text{ m}^2}$$

Se adopta un diámetro de orificio:

$$d_o = 0,075 \text{ m}$$

$$a_o = 0,004 \text{ m}^2$$

Se determina el número de orificios:

$$n = \frac{A_o}{a_o}$$

$$n = \frac{1,27}{0,004}$$

$$n = 192,4 = 193 \text{ (adimensional)}$$

Se determina la porción de altura de la pantalla difusora con orificios:

$$h = H - \frac{2}{5} H$$

$$h = 3,2 - \frac{2}{5} 3,2$$

$$h = 1,92 \text{ m}$$

Ya conociendo la parte que van a ocupar los orificios en la pantalla difusora y el número de orificios solo nos queda ubicarlos homogéneamente en esta zona (CEPIS/OPS, 2005).

De forma que tenemos que asumir el número de filas y columnas que habrán en la pantalla (CEPIS/OPS, 2005).

$$n_{\text{asumido}} = 6 \text{ (adimensional)}$$

$$n_{\text{asumido}} = 32 \text{ (adimensional)}$$

Se determina el espaciamiento entre filas:

$$a1 = \frac{h}{n_f}$$

$$a1 = \frac{1,92}{6}$$

$$a1 = 0,32 \text{ m}$$

Se determina el espaciamiento entre columnas:

$$a_2 = \frac{B - a_1(nc - 1)}{2}$$

$$a_2 = \frac{10 - 0,32(32 - 1)}{2}$$

$$\mathbf{a_2 = 0,04 \text{ m}}$$

CONCLUSIONES

De la tabla 12 de resumen de resultados de ensayos, se pudo establecer que para las muestras simples, los valores obtenidos como DBO, SST, Turbiedad, entre otros, son inferiores a los resultados que presentan las muestras compuestas, por lo tanto se utilizaron los resultados de las muestras compuestas (1b y 2b), tomadas en Puente Lucia y Nobol, respectivamente.

De los ensayos realizados de sedimentación, se puede concluir que un Tanque Sedimentador Tipo I al inicio del tratamiento convencional de agua potable es muy importante, dado que la remoción que se puede llegar a tener de SST y DBO5 son en alrededor de un 20 al 25 por ciento, según los análisis realizados en el laboratorio (en época de verano), lo que se puede predecir que en época de invierno el porcentaje de remoción será mayor.

En cuanto a la velocidad de sedimentación, la diferencia del valor obtenido, a través del ensayo realizado en laboratorio (0,00025 cm/min), versus el calculado mediante la Ley de Stokes (2,58 cm/min), puede ser debido a diferentes factores, entre ellos: la temperatura con la que se realizó el ensayo de sedimentación (22 °C), siendo que en sitio la temperatura fue de 28 °C; los bajos valores de turbiedad encontrados en las muestras tomadas en el río Daule (alrededor de 50 NTU), dado que se tomó en verano y el diseño debe ser con muestras tomadas en invierno cuando se tienen datos críticos de turbiedad (entre 700 NTU y 1500 NTU).

Se realizó el diseño del Tanque Sedimentador Tipo I utilizando como ejemplo la ciudad de Nobol, con una población de diseño de 38517 habitantes y los criterios señalados en el Manual CEPIS (2005). Se utilizó para el diseño la velocidad de sedimentación en función del tamaño de partícula promedio en el río Daule que según el “Estudio sobre Sedimentos en los ríos Daule y Babahoyo” realizado por Soledispa (2002), el sedimento que predomina en el río Daule es una arena de grano fino, eligiéndose un diámetro de arena de 0,002 cm, obteniéndose un Tanque Sedimentador Tipo I con

una base cuya área es de 307 m², profundidad de 3,40 m y tiempo de retención de 2 horas.

Finalmente se puede concluir que el valor de turbiedad, es importante para el diseño del Tanque Sedimentador Tipo I y este debe ser tomado de muestras en época de invierno, más aun cuando se conoce de los inconvenientes actuales, como es el caso de la ciudad de Guayaquil, que la planta de tratamiento de agua potable “La Toma”, no posee un sistema de Tanque Sedimentador Tipo I, y por ende se produce desabastecimiento de agua potable en la ciudad, cuando los niveles de Turbiedad, sobrepasan los límites máximos de tratamiento, con valores por el orden 1800 NTU y esto conlleva a posibles daños en las bombas, asolvamiento de filtros e incremento en las proporciones de agentes coagulantes en las diferentes fases de tratamiento de agua potable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que se realice un proyecto de investigación similar pero con datos de muestras tomadas en época de invierno ya que esos datos serán más relevantes para el propósito de esta investigación.

En las plantas de tratamiento de agua potable es muy importante el diseño y construcción de un Tanque Sedimentador Tipo I, especialmente si se trata aguas superficiales con las características similares a las del río Daule, donde se pueden llegar a tener altos niveles de turbiedad en época invernal (1800 NTU), además es necesario para optimizar las proporciones de aditivos químicos, y producir menos daños a las bombas cuando el agua cruda es impulsada.

Es recomendable en poblaciones donde no se cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable, la inserción de un Tanque Sedimentador Tipo I ya que puede ayudar a la remoción de agentes que afectan la salud humana como son: SST, DBO y Turbidez, además que su construcción no conlleva mayor dificultad en su realización.

BIBLIOGRAFÍA

CADENA, D. A. (2014). *ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO CUTUCHI CON BASE A VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS*. Quito .

Camacho, A. (2017). *Abastecimiento De Aguas*. Guayaquil .

CEPIS/OPS. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE DESARENADORES Y SEDIMENTADORES*. Lima.

ECUATORIANA, N. T. (2011). *AGUA POTABLE. REQUISITOS*. Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN.

HO, L. E. (2002). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA*. SANTIAGO DE CALI.

Marco, J. (Domingo de Enero de 2017). *QUIMICA DEL AGUA* . Obtenido de QUIMICA DEL AGUA : <http://www.quimicadelagua.com/Quimico.Aluminio.html>

P., B. S. (2002). ESTUDIOS DE LOS SEDIMENTOS DEL SECTOR DONDE CONVERGEN LOS RIOS DAULE Y BABAHOYO, Y LAS POSIBLES CAUSAS QUE ESTAN FORMANDO UN NUEVO ISLOTE EN ESE SECTOR. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO* , (pág. 12).

Remravares. (Domingo de Enero de 2017). *Madrid*. Obtenido de Madrid : <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2009/02/25/113410>

Rojas, J. A. (2000). *PURIFICACIÓN DEL AGUA* . Colombia : ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA.

ANEXOS

Anexo 1. Relación entre el diámetro de las partículas y la velocidad de sedimentación

Material	ϕ Limite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{\frac{d g (\rho_a - \rho)}{\rho}}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu / \rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Anexo 2. Técnica de muestreo y análisis utilizada.

pH: Medición Directa - Equipo Multi parámetro HQ40d.

DBO5: 5210 B - Método de Winkler, Lectura por Electrodo de Membrana (HACH LDO).

Temperatura: Medición Directa - Equipo Multi parámetro HQ40d (HACH CDC 401).

Oxígeno Disuelto: 4500-O G. Método de Electrodo de Membrana (HACH LDO 101).

Conductividad: Medición Directa - Equipo Multi parámetro HQ40d (HACH CDC 401).

Turbiedad: Método Nefelométrico - Medición Directa - Equipo HACH 2100Q.

Salinidad: Medición Directa - Equipo Multi parámetro HQ40d (HACH CDC 401).

Sólidos Suspendidos: 2540D - Secado 103 -105 o C.

Sólidos Sedimentables: 2540F - Método Gravimétrico.

Sólidos Totales Disueltos: 2540C - Secado a 180 o C.

Sólidos Totales: 2540B - Secado 103 -105 o C.

Sólidos Volátiles: 2540E - Ignición a 550 o C.

Sólidos Totales: 2540G - Ignición a 550 o C.

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

Observaciones

Las muestras, para la determinación de parámetros microbiológicos, fueron preservadas en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Anexo 3. Densidad y Viscosidad del agua

Densidad y Viscosidad Del Agua		
Calculadas de las tablas "International Critical"		
Temperatura °C	Densidad (gr/cm ³)	Viscosidad Cinemática (cm ² /s)
0	0,99987	0,017923
1	0,99993	0,017321
2	0,99997	0,016741
3	0,99999	0,016193
4	1	0,015676
5	0,99999	0,015188
6	0,99997	0,014726
7	0,99993	0,014288
8	0,99988	0,013874
9	0,99981	0,013479
10	0,99973	0,013101
11	0,99963	0,01274
12	0,99952	0,012396
13	0,9994	0,012068
14	0,99927	0,011756
15	0,99913	0,011457
16	0,99897	0,011168
17	0,9988	0,010888
18	0,99862	0,010618
19	0,99843	0,010356
20	0,99823	0,010105
21	0,99802	0,009863
22	0,9978	0,009629
23	0,99757	0,009403
24	0,99733	0,009186

25	0,99707	0,008975
26	0,99681	0,008774
27	0,99654	0,008581
28	0,99626	0,008394
29	0,99597	0,008214
30	0,99568	0,008039
31	0,99537	0,00787
32	0,99505	0,007708
33	0,99473	0,007551
34	0,9944	0,007398
35	0,99406	0,007251
36	0,99371	0,007109
37	0,99336	0,006971
38	0,99299	0,006839
39	0,99262	0,006711

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Chong-Qui Chang, Ángel Galo**, con C.C: # 1207858935 autor del trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de Marzo de 2017

f. 

Nombre: **Chong-Qui Chang, Ángel Galo**

C.C: **1207858935**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE		
AUTOR	Chong-Qui Chang, Ángel Galo		
TUTOR	Monar Camacho, Mélida Alexandra		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	17 de Marzo de 2017	No. DE PÁGINAS:	82
ÁREAS TEMÁTICAS:	Características físico – químicas del agua, dimensionamiento y diseño de Tanque Sedimentador Tipo I.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Parámetros, agua potable, Tanque Sedimentador Tipo I, tratamiento primario, solidos totales, demanda biologica de oxígeno		

RESUMEN/ABSTRACT

El presente proyecto de tesis titulado “ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS Y PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE DBO Y SST EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO DAULE UTILIZANDO UN MODELO DE TANQUE SEDIMENTADOR COMO PRE-TRATAMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE”, tiene la finalidad de hacer una caracterización de parámetros físico-químicos del agua del rio Daule.

Además tener un análisis de factibilidad de la implementación de un sistema de tratamiento primario (Tanque Sedimentador Tipo I) dentro de un sistema de tratamiento para potabilizar agua, calculando así el porcentaje de remoción de solidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxigeno (DBO) con la implementación del sistema de tratamiento primario.

Se tomaros dos muestras en el rio Daule, una en el sitio denominado Puente Lucia y la otra en Nobol, luego se procedió a realizar un modelo de sedimentación con el Cono Imhoff, obteniéndose diferentes lecturas de sedimentación al cabo de 80 minutos, se tomaron muestras al inicio y al final para establecer los porcentajes de remoción, en DBO5 y SST, obteniéndose en promedio una remoción por el orden entre el 20 y 25 %, posteriormente se obtuvo del laboratorio la velocidad de sedimentación con un valor de 0,00025 cm/min, y se comparó con la velocidad de sedimentación calculada usando la ley de Stokes 2,58 cm/min, diseñando así el Tanque Sedimentador con área de 307 m², profundidad 3,4 m y tiempo de retención de 2 horas.



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

Notándose su importancia para el diseño de plantas de tratamiento.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0982224152	E-mail: angelchongqui@gmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Glas Cevallos Clara Catalina	
	Teléfono: +593 984616792	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	‘	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		